

**DIVERSITAS DAN POPULASI BAKTERI PENAMBAT NITROGEN  
NONSIMBIOTIK PADA BERBAGAI SISTEM PENGGUNAAN LAHAN  
DI UB FOREST**

Oleh  
**FITRA MARCHELLA PUTRI**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
MALANG**

**2018**

**DIVERSITAS DAN POPULASI BAKTERI PENAMBAT NITROGEN  
NONSIMBIOTIK PADA BERBAGAI SISTEM PENGGUNAAN LAHAN  
DI UB FOREST**

Oleh

**FITRA MARCHELLA PUTRI  
145040201111145**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI  
MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN TANAH  
MALANG**

**2018**

## PERNYATAAN

Skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan dari dosen pembimbing. Data yang ada dalam skripsi merupakan data bersama yang dianalisis oleh tim. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya ataupun pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Agustus 2018

Fitra Marchella Putri  
NIM. 1450402011111145



## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul penelitian : Diversitas dan Populasi Bakteri Penambat Nitrogen  
Nonsimbiotik pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan  
Di UB Forest

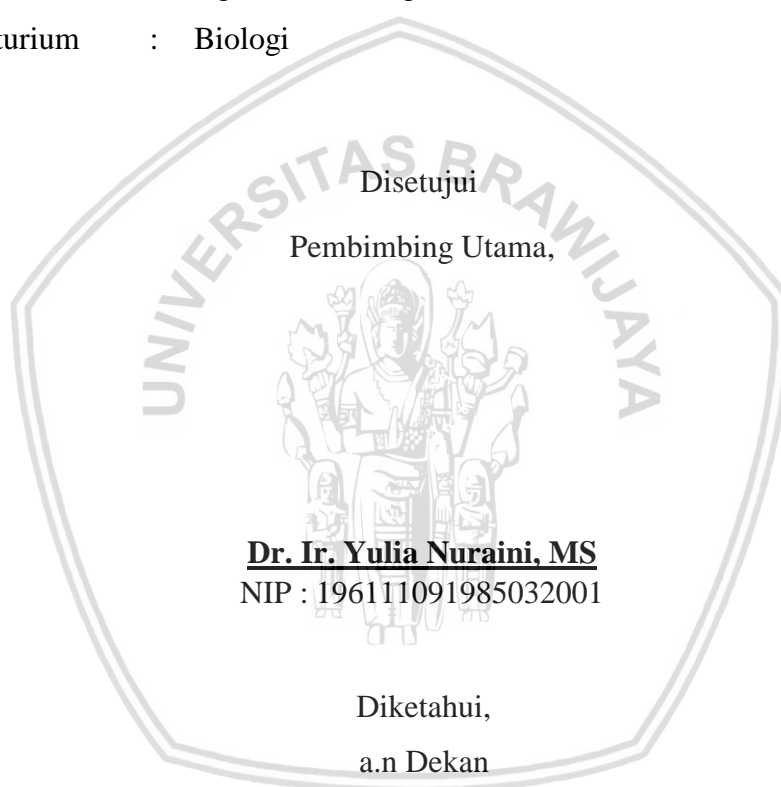
Nama : Fitra Marchella Putri

NIM : 145040201111145

Jurusan : Tanah

Program Studi : Agroekoteknologi

Laboratorium : Biologi



Disetujui  
Pembimbing Utama,

**Dr. Ir. Yulia Nuraini, MS**  
NIP : 196111091985032001

Diketahui,  
a.n Dekan  
Ketua Jurusan,

**Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU**  
NIP : 195405011981031006

Tanggal Persetujuan :



## LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan  
MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

**Prof. Dr. Ir. Sugeng Prijono, SU**  
NIP : 19580214 198503 1 003

**Dr. Ir. Budi Prasetya, MP**  
NIP : 19610701 198703 1 002

Penguji III

Penguji IV

**Rika Ratna Sari, SP, MP**  
NIP : 2016098 0130 2 001

**Dr. Ir. Yulia Nuraini, MS**  
NIP : 19611109 198503 2 001

Tanggal Lulus :

Petunjuk tidak bisa dicapai kecuali dengan pengetahuan, dan arah  
yang benar tidak bisa dituju kecuali dengan kesabaran.

(Ibnu Taimiyah)

Skripsi ini kupersembahkan untuk

Kedua orang tua tercinta serta  
kakak-kakaku tersayang

## RINGKASAN

**FITRA MARCHELLA PUTRI. 145040201111145. Diversitas dan Populasi Bakteri Penambat Nitrogen Nonsimbiotik pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di UB Forest. Di bawah bimbingan Yulia Nuraini**

---

Sektor pertanian saat ini mulai krisis akibat pertambahan penduduk yang mengakibatkan berkurangnya vegetasi dan pasokan serasah pada permukaan tanah. Efek dari alih fungsi lahan dengan pengolahan lahan yang intensif yang akan merubah menjadi lahan marginal sehingga mempengaruhi kesuburan tanah. Kesuburan tanah berkaitan erat dengan biota di dalam tanah terutama bakteri dan tersedianya unsur hara bagi tanaman. Salah satu bakteri yang mampu mencukupi kebutuhan unsur hara esensial berupa N untuk menjaga kesuburan tanah adalah bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik. Tujuan dari penelitian yaitu mengetahui pengaruh penggunaan lahan terhadap diversitas dan populasi bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik di berbagai penggunaan lahan dan mengetahui faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap diversitas dan populasi bakteri penambat nitrogen.

Penelitian dimulai pada bulan Oktober 2017 - April 2018. Penelitian dilakukan dengan metode Survei pada lokasi penelitian di UB Forest, terdiri dari dua lokasi yaitu Dusun Summersari, Desa Tawangargo dan Dusun Buntoro, Desa Bocek, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang. Pengambilan sampel diambil pada 5 penggunaan lahan yaitu Kawasan lindung (KL), Mahoni kopi (MK), Mahoni + talas (MS), Pinus kopi (PK) dan Pinus + wortel (PS) dengan 3 kali pengulangan sehingga menghasilkan 15 kombinasi perlakuan. Pengambilan sampel dengan luas 20 meter x 20 meter. Parameter yang dimati terdiri dari biologi tanah (bakteri penambat nitrogen *Azotobacter* sp, populasi bakteri, uji patogenitas), lingkungan (suhu, kelembaban, berat dan ketebalan serasah) dan kimia tanah terdiri dari (kadar air, pH, C-organik, N-total, Amonium dan Nitrat tanah). Data diolah menggunakan GenStat dengan rancangan tersarang (Nested) uji korelasi dengan taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan diversitas dan populasi bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik (*Azotobacter* sp) berpengaruh nyata pada berbagai penggunaan lahan di UB Forest. Populasi bakteri tertinggi pada kawasan lindung (KL) dengan jumlah rerata  $111,92 \times 10^7$  cfu/g dan penggunaan lahan mahoni kopi memiliki jumlah bakteri terendah dengan rerata  $37,5 \times 10^7$  cfu/g. Faktor lingkungan seperti kerapatan tajuk, berat dan ketebalan serasah mempengaruhi diversitas dan populasi bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik di UB Forest. Karakteristik sifat kimia seperti C-organik dan N-total turut mendukung diversitas dan populasi bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik. Isolat yang ditemukan sebanyak 29 dari berbagai penggunaan lahan, terdiri dari kawasan lindung (KL) 8 isolat, mahoni + kopi (MK) 4 isolat, mahoni + talas (MS) 6 isolat, pinus + kopi (PK) 6 isolat dan pinus + wortel (PS) 4 isolat. Hasil uji patogenitas negatif untuk ke 8 isolat yang terkarakterisasi.

## SUMMARY

**FITRA MARCHELLA PUTRI. 145040201111145. Diversity and Population of Nonsymbiotic Nitrogen Fixing Bacteria in Various Usage System in UB Forest. Supervised by Yulia Nuraini**

---

Increasing population growth can affect of crisis agricultural sector included decreasing vegetation and soil surface litter supply. The effects of landuse with intensive land management can change land becomes marginal and affecting soil fertility. Soil fertility is related to biota in the soil, particularly bacteria and available soil nutrients for plant. One of the bacteria can suffice the need of essential nutrients such as Nitrogen to maintain soil fertility is nonsymbiotic nitrogen-fixing bacteria. The aims of this research is to know the effect of landuse diversity and nonsymbiotic nitrogen-fixing bacteria population in various landuses, and to know the influences of environment factor to diversity and nonsymbiotic nitrogen-fixing bacteria population.

The research was conducted in October 2017 - April 2018. This research used survey method at UB Forest, consist of two locations, Dusun Summersari, Tawangargo Village and Dusun Buntoro, Bocek Village, Karangploso Subdistrict, Malang Regency. Sampling was taken on 5 land uses i.e. Protected Area (KL), Mahogany + Coffee (MK), Mahoni + Taro (MS), Pinus + Coffee (PK) and Pinus + Carrot (PS) with 3 repetitions resulting in 15 combinations of treatments. Area of sampling of 20 meters x 20 meters. The observed parameters of soil biology (*Azotobacter* sp nitrogen-fixing bacteria, bacterial population, pathogenicity test), environment factor (temperature, humidity, weight and thickness of litter) and soil chemistry consist of (moisture content, pH, C-organic, N-total, Ammonium and soil Nitrate). The data were processed using GenStat edition 17<sup>th</sup> with Nested of correlation test with 5% level.

The results showed that diversity and population of nonsymbiotic nitrogen-fixing bacteria (*Azotobacter* sp) had significant effect on various landuses. The highest bacterial populations was found in protected areas (KL) with the average number of  $111,92 \times 10^7$  cfu/g  $\times 10^7$  and mahogany + coffee had the lowest bacterial with the average number of  $37.5 \times 10^7$  cfu/g  $\times 10^7$ . Environmental factors such as crown density, weight and litter thickness affect the diversity and population of nonsymbiotic nitrogen fixing bacteria in UB Forest. Characteristics of chemical properties such as C-organic and N-total also support the diversity and population of nonsymbiotic nitrogen fixing bacteria. The isolates found were 29 of the various land uses, consisting of 8 isolates, mahogany + coffee (MK) 4 isolates, mahogany + talas (MS) 6 isolates, pine + coffee (PK) 6 isolates and pine + carrots (PS) 4 isolates. The result of negative pathogenic test for the 8 isolates characterized.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya yang telah menuntun penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “Diversitas dan Populasi Bakteri Penambat Nitrogen Nonsimbiotik pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di UB Forest”. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW, yang telah membimbing kita semua.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang sudah membantu dalam penulisan skripsi ini:

1. Dr. Ir. Yulia Nuraini, MS selaku dosen pembimbing utama atas segala kebesaran hati, nasehat, dan arahan dalam membimbing pembuatan skripsi.
2. Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU selaku ketua jurusan beserta Staf Jurusan Tanah atas bimbingan akademik maupun dalam hal administrasi.
3. Kedua orangtua yaitu bapak Mohamad, ibu Reny kartikawati, kedua kakak saya Dewinta Ingrid Firstlia Putri dan Dio Desta Erlangga Putra yang selalu mendoakan, memberi dukungan dan materil dalam menyelesaikan pengerjaan skripsi.
4. Nina Dwi Lestari, SP, M.Ling selaku dosen yang telah membantu menyusun laporan dan membantu kegiatan selama di lapangan.
5. Partner saya Heydiana Bunga Hutamy yang turut membantu dalam memberikan pikiran, saran dan kerjasamanya selama penelitian.
6. Saudara-saudara HMIT 2017, teman-teman MSDL 2014 dan seluruh rekan yang tidak dapat disebutkan disini yang sudah memberikan semangat.

Penulis berharap hasil dari penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak, memberikan ilmu pengetahuan bagi pembaca serta khususnya bagi penulis sendiri. Meskipun penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna.

Malang, Juli 2018

Penulis

## RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Fitra Marchella Putri dilahirkan di Malang pada tanggal 15 Maret 1995 sebagai anak ke tiga dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Mohamad dan Ibu Reny Kartikawati. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN Tertek II, Kecamatan Tertek, Kabupaten Tulungagung pada tahun 2002 dan selesai pada tahun 2008. Setelah lulus dari SDN Tertek II, penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Kauman, Kecamatan Kauman, Kabupaten Tulungagung pada tahun 2008 hingga 2011. Kemudian pada tahun 2011 penulis melanjutkan ke jenjang yang lebih tinggi di SMAN 1 Kauman, Tulungagung dan selesai pada tahun 2014. Pada tahun 2014 penulis masuk dalam perguruan tinggi Strata-1 jalur SNMPTN di Universitas Brawijaya Malang, Fakultas Pertanian, Program Studi Agroekoteknologi, Minat Manajemen Sumber Daya Lahan, Laboratorium Biologi Tanah.

Selama menjadi mahasiswa di Universitas Brawijaya, penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah (HMIT) sebagai Biro Kewirausahaan. Selain itu penulis juga turut aktif tercatat sebagai asisten tutorial dan praktikum Manajemen Agroekosistem tahun 2018 dan beberapa kepanitian seperti Pasca GATRAKSI (Galang Mitra dan Kenal Profesi) pada tahun 2016, Soil Launch (SLASH 2017), Olimpiade Ilmu Tanah (OIT) pada tahun 2017, Pelatihan GIS dan Survei Tanah pada tahun 2017, Penulisan Karya Ilmiah (PKM) pada tahun 2017, Konsoildasi pada tahun 2017, GALIFU (Geomorfologi Analaisis Landscape dan Interpretasi Foto Udara) tahun 2017, GATRAKSI (Galang Mitra dan Kenal Profesi) pada tahun 2017 - 2018. Kemudian pada tahun 2017, penulis melakukan kegiatan magang kerja yang dilakukan di Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika, Tlekung, Kota Batu dengan topik Studi Teknologi Produksi Pupuk : Penggunaan Zeolit sebagai Pelapis Pupuk *Slow Release*.

.



## DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN .....	v
SUMMARY .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
1. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan .....	3
1.4. Hipotesis .....	3
1.5. Manfaat .....	3
1.6. Alur Pikir .....	4
2. TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Alih Fungsi Lahan Hutan .....	5
2.2. Penggunaan Lahan Hutan .....	5
2.3 Penggunaan Lahan Sistem Agroforestri .....	6
2.4. Pengaruh Penggunaan Lahan terhadap Bakteri Tanah .....	6
3. METODE PENELITIAN .....	12
3.1. Waktu dan tempat penelitian .....	12
3. 2. Alat dan bahan .....	14
3. 3. Rancangan dan Parameter Penelitian .....	15
3.4. Pelaksanaan Penelitian .....	16
3.5 Analisis Data .....	20
4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	21
4.1. Karakteristik Lingkungan pada Berbagai Penggunaan Lahan di UB Forest .....	21
4.2 Diversitas dan Populasi Bakteri Penambat Nitrogen pada Berbagai Penggunaan Lahan Di UB Forest .....	28
4.3. Pembahasan Umum .....	33
5. KESIMPULAN DAN SARAN .....	37
5.1. Kesimpulan .....	37
5.2. Saran .....	37
DAFTAR PUSTAKA .....	38
LAMPIRAN .....	44

## DAFTAR GAMBAR

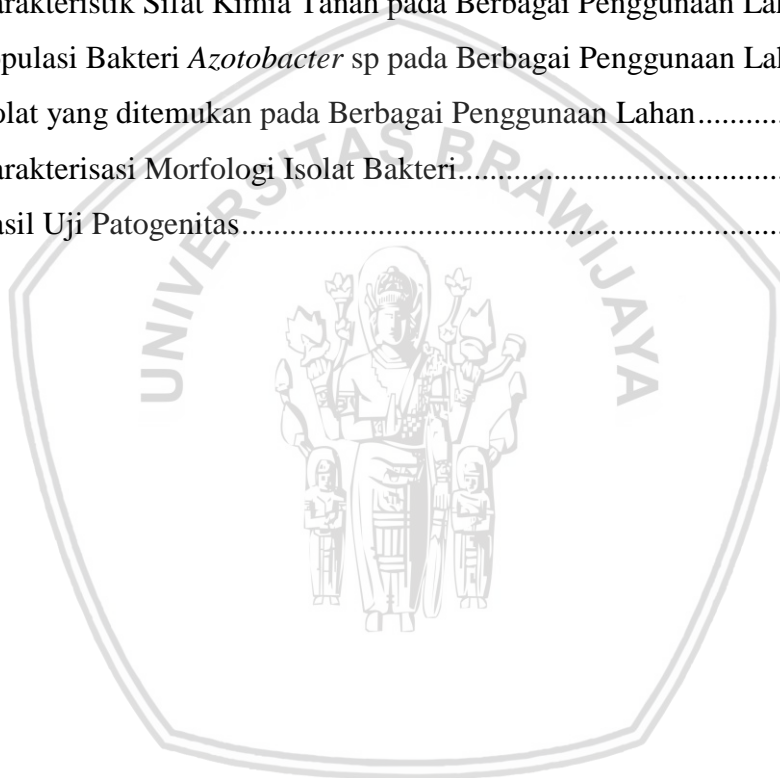
Nomor	Teks	Halaman
1.	Alur pikir.....	4
2.	Bakteri <i>Azospirillum</i> (A) dan <i>Azotobacter</i> sp (B).....	9
3.	Peta lokasi di UB Forest .....	12
4.	Pembuatan plot pengamatan .....	17
5.	Metode Pengambilan Sampel Tanah dan Serasah .....	18
6.	Bakteri <i>Azotobacter</i> sp di media LG pada pengenceran $10^7$ .....	29
7.	Bibit Tembakau yang sudah diinjeksi oleh bakteri <i>Azotobacter</i> sp .....	32





## DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Plot penelitian.....	15
2.	Parameter Pengamatan.....	16
3.	Kerapatan Tajuk pada Berbagai Penggunaan Lahan di UB Forest.....	21
4.	Berat Kering Serasah pada Berbagai Penggunaan Lahan di UB Fores .....	22
5.	Ketebalan Serasah pada Berbagai Penggunaan Lahan di UB Forest.....	22
6.	Suhu Tanah dan Kelembaban Udara di UB Forest .....	24
7.	Karakteristik Sifat Kimia Tanah pada Berbagai Penggunaan Lahan.....	25
8.	Populasi Bakteri <i>Azotobacter</i> sp pada Berbagai Penggunaan Lahan.....	30
9.	Isolat yang ditemukan pada Berbagai Penggunaan Lahan.....	30
10.	Karakterisasi Morfologi Isolat Bakteri.....	31
11.	Hasil Uji Patogenitas.....	33



## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Populasi Bakteri Penambat Nitrogen Nonsimbiotik pada Media LG pada pengenceran $10^7$	44
2.	Plot Pengambilan Sampel Tanah dan Serasah .....	45
3.	Hasil Analisis Ragam Kerapatan Tajuk .....	46
4.	Hasil Analisis Ragam Total Bakteri <i>Azotobacter</i> sp.....	46
5.	Hasil Analisis Ragam Berat Isi Tanah .....	46
6.	Hasil Analisi Ragam C-Organik Tanah .....	46
7.	Hasil Analisis Ragam Kelembaban Udara .....	46
8.	Hasil Analisis Ragam Ketebalan Serasah .....	47
9.	Hasil Analisis Ragam Berat Serasah.....	47
10.	Hasil Analisis Ragam pH.....	47
11.	Hasil Analisis Ragam Suhu Tanah.....	47
12.	Hasil Analisis Ragam N-Total Tanah .....	47
13.	Hasil Analisis Ragam Amonium Tanah.....	48
14.	Hasil Analisis Ragam Nitrat Tanah.....	48
15.	Matriks korelasi antar perlakuan.....	49
16.	Langkah kerja analisis tanah.....	50

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris dengan mayoritas penduduk bermata pencaharian sebagai petani. Hasil dari pertanian sangat dipertahankan agar perekonomian Indonesia dapat terus terpenuhi. Kondisi tanah yang subur dimanfaatkan oleh petani dalam melakukan kegiatan bercocok tanam (Situmeang, 2014). Sektor pertanian saat ini sedang mengalami krisis yaitu maraknya alih guna lahan, dimana semakin sempitnya lahan yang tersedia karena semakin meningkat pertumbuhan penduduk di Indonesia. Berdasarkan Data Pusat Statistik tahun 2017, pada tahun 2000 hingga 2010 terjadi peningkatan jumlah penduduk sebesar 1,49 juta jiwa sehingga total penduduk di Indonesia saat ini sebesar 237,64 juta jiwa.

Efek dari peralihan guna lahan, akan berdampak pada diversitas vegetasi yang hidup dalam suatu lahan (Hairiah *et al.*, 2004). Menurunnya diversitas vegetasi dari hutan menjadi agroforestri kompleks atau sederhana maupun menjadi lahan tanaman semusim (wortel, kubis dan talas) akibat campur tangan manusia, karena tekanan jumlah penduduk yang meningkat. Ilmu yang berkembang dan teknologi, menyebabkan sistem pertanian monokultur tanaman pangan diterapkan pada beberapa lahan di Indonesia, sehingga pasokan serasah dan lebar tajuk penutup permukaan tanah menurun dan akan berdampak pada kesuburan tanah. Agroforestri merupakan suatu budidaya tanaman yang mampu menyerupai kondisi seperti hutan. Penggunaan lahan agroforestri tidak diterapkan di seluruh lahan di UB Forest. Agroforestri menjadi salah satu pola tanam yang bertujuan untuk mempertahankan kesuburan tanah. Petani maupun non petani sudah mengenal sistem agroforestri dan mulai menerapkan untuk beberapa lahan yang kritis. Isu-isu tentang konversi lahan menyisakan banyak permasalahan salah satunya yaitu menurunnya kesuburan tanah. Kesuburan tanah berkaitan erat dengan biota dalam tanah terutama bakteri. Bakteri memiliki peran yang cukup banyak didalam tanah. Peran yang menguntungkan adalah meningkatkan pembentukan agregat tanah sehingga mempengaruhi infiltrasi, aerasi, dan suhu tanah (Simanungkalit *et al.*, 2001). Potensi nitrogen yang diberikan bakteri tidak begitu

maksimal, karena sebagian unsur hara menguap maupun lerlimpas sebelum diserap oleh tanaman.

Bakteri akan bertahan hidup apabila kondisi lingkungan mendukung seperti teredainya air dalam tanah. Drainase yang baik di tanah akan membantu menyeimbangkan siklus hidup mikroba tanah. Akar tanaman membuat pori dalam tanah yang memudahkan mikroba dalam tanah beraktivitas (Vymazal, 2008). Mikroba dalam tanah yang memiliki aktivitas yang tinggi akan membantu dalam menyuplai nutrisi bagi tanaman (Widyati, 2013). Nitrogen merupakan unsur hara esensial yang sangat diperlukan tanaman, apabila tanaman tidak terpenuhi akan terjadi ketidakseimbangan dalam pertumbuhannya. Mengurangi pemakaian bahan berbahaya dalam jangka waktu yang lama, salah satunya pemanfaatan bakteri Widiyawati *et al.* (2014) penggunaan bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik berpotensi mengurangi kebutuhan nitrogen secara sintetis dan menstabilkan perekonomian petani.

Menurut Ristiati (2015) kelompok mikroba yang dapat menambat nitrogen dibagi menjadi 2 macam yaitu : a) Hidup bebas/non simbiosis : *Azotobacter* dan *Beijerinckia* dapat ditemui di perladangan dan persawahan. b) Hidup bersimbiosis : *Rizobium* yang bersimbiosis dalam akar tanaman kacang-kacangan. Sehingga peran dari kedua kelompok ini akan sangat menguntungkan bagi sektor pertanian karena dapat menyuburkan tanah tanpa adanya pemakaian bahan-bahan kimia yang akan menimbulkan masalah baru pada suatu lahan. Salah satu bakteri yang mampu mencukupi kebutuhan unsur hara esensial berupa nitrogen dari udara untuk menyediakan bagi tanaman dalam menjaga kesuburan tanah adalah bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik.

Atmosfer bumi mengandung sekitar 80% nitrogen, namun tanaman tidak dapat langsung menggunakan karena berbentuk gas  $N_2$ , terdapat sekelompok bakteri tanah ditemukan baik yang bersimbiosis maupun hidup bebas memiliki kemampuan memfiksasi nitrogen dari udara. Keberadaan bakteri penambat nitrogen bebas akan menguntungkan bagi tanaman karena dapat mencukupi kebutuhan nitrogen di dalam tanah. Tersediannya unsur nitrogen dalam tanah menjadi salah satu faktor penting dalam menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pilihan penyedia nitrogen secara hayati dan aman bagi

lingkungan adalah dengan memanfaatkan bakteri penambat nitrogen bebas seperti *Azotobacter* dan *Azospirillum* (Ekawati dan Syekhfani, 2005).

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dalam melihat keberadaan, diversitas bakteri terkhusus bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik yaitu *Azotobacter* sp di berbagai sistem penggunaan lahan yang berlokasi di UB Forest dalam memperbaiki sifat dan kondisi tanah pada lahan yang saat ini banyak dialih fungsikan.

### **1.2. Rumusan Masalah**

1. Apakah penggunaan lahan di UB Forest berpengaruh terhadap keragaman bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik (*Azotobacter* sp) ?
2. Apakah hubungan faktor lingkungan seperti kepadatan tajuk, seresah, suhu tanah dan kelembaban dengan diversitas dan populasi bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik (*Azotobacter* sp) pada penggunaan lahan di UB Forest ?

### **1.3. Tujuan**

1. Mengetahui pengaruh penggunaan lahan terhadap diversitas dan populasi bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik (*Azotobacter* sp) di lahan di UB Forest.
2. Untuk mengetahui hubungan faktor lingkungan terhadap diversitas dan populasi bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik pada berbagai penggunaan lahan di UB Forest.

### **1.4. Hipotesis**

1. Penggunaan lahan mempengaruhi diversitas dan populasi bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik.
2. Hubungan kepadatan tajuk, seresah, suhu tanah dan kelembaban akan mempengaruhi diversitas dan populasi bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik pada berbagai penggunaan lahan.

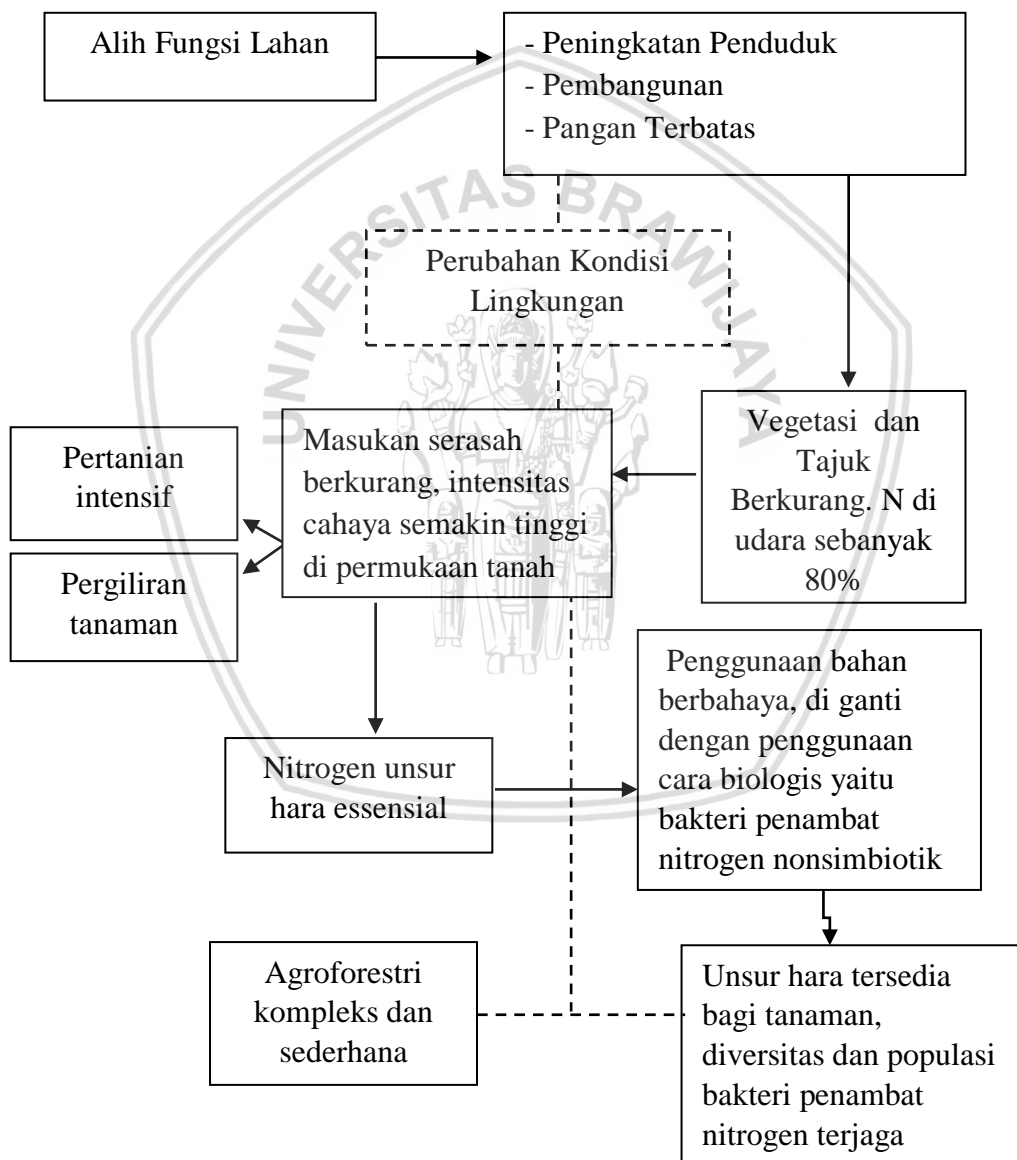
### **1.5. Manfaat**

Melalui penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai bakteri dalam tanah di UB Forest yang memiliki kemampuan dalam menambat nitrogen

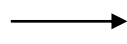
(*Azotobacter* sp) untuk menyediakan unsur hara nitrogen yang diperlukan oleh tanaman tanpa adanya penambahan pupuk anorganik.

### 1.6. Alur Pikir

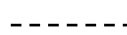
Alur pikir merupakan suatu gambaran dalam berpikir untuk menyelesaikan ataupun memberikan alternatif suatu masalah, dengan beberapa solusi. Cara berpikir yang didalamnya terdapat sebab dan akibat, sehingga dapat terpecahkan suatu masalah dalam bentuk tampilan yang sederhana dan mudah dipahami.



Keterangan :



= Dampak



= Berkaitan erat dengan dampak yang akan terjadi

**Gambar 1.** Bagan Alur pikir



## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Alih Fungsi Lahan Hutan

Alih fungsi lahan atau biasa disebut dengan konversi lahan merupakan perubahan fungsi lahan yang sebagian atau seluruh kawasannya terjadi perubahan ataupun mengalami kerusakan baik ringan hingga parah yang membuat lahan tidak dapat digunakan seperti fungsi semula, yang merugikan lingkungan (Hidayat *et al.*, 2009). Alih fungsi lahan juga dapat diartikan sebagai perubahan bentuk penggunaan lain yang disebabkan oleh faktor-faktor yang berkaitan dengan keperluan manusia dalam memenuhi kebutuhan yang semakin bertambah jumlahnya dan meningkatnya tuntutan akan mutu kehidupan yang lebih baik. Menurut Sudaryanto (2006) alih guna lahan disebabkan oleh 2 faktor yaitu: faktor eksternal merupakan faktor yang disebabkan oleh adanya dinamika pertumbuhan perkotaan seperti pembangunan gedung-gedung dan kedua faktor internal yaitu faktor yang lebih melihat dampak yang disebabkan kondisi sosial ekonomi.

Kerusakan hutan dapat dilihat dari menurunnya tutupan hutan akibat peralihan fungsi hutan (*deforestation*), baik untuk pemukiman para penduduk maupun untuk perluasan areal pertanian dan perkebunan (Jusmaliani, 2008 dalam Oksana *et al.*, 2012). Alih fungsi lahan hutan kini mengalami peningkatan luas areal hutan yang dialihkan menjadi lahan usaha lain (Widianto *et al.*, 2003). Pengalihan fungsi hutan untuk penggunaan lain sudah terbukti sebagai ancaman terhadap keberadaan wilayah hutan. Pembukaan lahan yang saat ini marak menggunakan cara dengan dibakar karena alasan lebih cepat, namun menyisakan masalah yaitu rentannya hutan mengalami kebakaran dan dampak dari ini ialah mikroba dalam tanah tidak dapat bertahan hidup (Murniati *et al.*, 2008).

### 2.2. Penggunaan Lahan Hutan

Hutan memiliki pengertian yang berbeda-beda sesuai dengan sudut pandang pakar. Sisi ekologi, hutan adalah kumpulan komunitas biotik (pohon, vegetasi dan hewan) maupun abiotik (tanah, iklim dan fisiografi) didalamnya dengan saling berinteraksi dan memiliki tujuan yang sama yaitu untuk hidup dan berkembang dalam suatu kondisi tertentu secara kompleks. Hutan merupakan hamparan lahan yang luas dengan satu-kesatuan keragaman sumberdaya alam hayati dengan didominasi pepohonan sehingga membentuk suatu lingkungan yang kompleks.

Hutan secara alami akan membentuk suatu sistem yang terdiri dari biotik seperti tumbuh-tumbuhan, hewan, organisme mikro dan makro kemudian abiotik yaitu tanah, air, udara, bebatuan yang satu dengan yang lain saling menguntungkan (Wanggai, 2009).

### **2.3 Penggunaan Lahan Sistem Agroforestri**

Agroforestri dapat didefinisikan sebagai sistem penggunaan lahan dalam lingkup usahatani yang menggabungkan tanaman berkayu (pohon) dengan tanaman semusim yang berguna dalam meningkatkan kesehatan lingkungan maupun memperbaiki perekonomian (Ruijter dan Agus, 2004). Sistem agroforestri sederhana merupakan suatu sistem pertanian yang menggabungkan satu tanaman dengan beberapa jenis tanaman semusim dalam satu petak lahan secara tumpangsari (Hairiah *et al.*, 2004). Jenis pohon yang dipilih bebas dapat yang menguntungkan secara ekonomi maupun hanya untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, contohnya saja untuk pohon-pohon yang menguntungkan seperti (kelapa, karet, cengkeh, kopi, kakao, nangka, melinjo, petai, jati, mahoni) kemudian untuk jenis tanaman semusimnya berupa tanaman pangan seperti padi gogo, jagung, kedelai, kacang-kacangan, ubi kayu, sayuran, rerumputan atau jenis tanaman lain.

### **2.4. Pengaruh Penggunaan Lahan terhadap Bakteri Tanah**

Saat ini menurut departemen pertanian, bahwasanya perkebunan akan membawa keuntungan yang besar bagi peningkatan pembangunan di Indonesia. Pemerintahan orde baru, tanaman perkebunan dijadikan prioritas utama dalam pembangunan ekonomi nasional melalui program PIR (perkebunan inti rakyat) bersamaan dengan program transmigrasi. Tanaman perkebunan meningkat seiring berjalannya waktu, yang pada tahun 2005 mencapai 5,6 juta ha dari total semula 597,362 ha pada tahun 1985 (Murniati *et al.*, 2008). Alih fungsi lahan dengan cara tebang bakar (*slash and burn*) akan mengurangi kualitas lahan, hal ini dikarenakan pembakaran kayu dan ranting sisa pembukaan lahan dapat mempercepat proses pencucian dan unsur hara tanah berkurang. Barchia (2009) bahwa merosotnya kadar bahan organik tanah akan memperburuk sifat fisik dan kimia tanah.



#### 2.4.1. Mikroba Tanah

Menurut Saraswati *et al.* (2004) mikroba memiliki fungsi yang secara umum. Mikroba berguna (*effective microorganism*) sebagai komponen habitat alam mempunyai peran dan fungsi penting dalam mendukung terlaksananya pertanian ramah lingkungan melalui berbagai proses, seperti dekomposisi bahan organik, mineralisasi senyawa organik, fiksasi hara, pelarut hara, nitrifikasi dan denitrifikasi. Pertanian organik salah satu cara dalam mempertahankan maupun memperbaiki kesuburan tanah, mikroba memiliki peran yang sangat penting yaitu sebagai penyedia hara, tanah dianggap sebagai media biosintesis, dan hasil kerja mikroba dianggap sebagai pensuplai utama kebutuhan hara bagi tanaman.

Bio Intelligence Service (2010) organisme penghuni ekosistem tanah diperkirakan sejumlah seperempat dari seluruh organisme yang di bumi. Diilustrasikan dalam satu sendok teh tanah kebun yang subur dapat ditemukan ribuan spesies, milyaran individu bakteri dan ratusan meter jaringan hifa jamur. Walaupun ukurannya sangat kecil, menurut Breure (2004) mikroorganisme tanah memiliki tugas yang harus dilakukan terhadap sebagian besar proses-proses biologis (60-80%) yang berkaitan dengan siklus unsur hara dan dekomposisi bahan organik. Suatu ekosistem berlangsung secara harmonis dan dinamis masing-masing individu dan spesies harus dapat menjalankan peranannya secara optimal. Peran yang sama dapat dilakukan oleh kelompok organisme yang berbeda. Peran sebagai produsen atau penyuplai, tentu saja hanya dimainkan oleh kelompok tumbuhan. Menurut Giller *et al.* (1997) menggolongkan organisme tanah berdasarkan fungsinya di ekosistem. Pada setiap ekosistem dihuni oleh berbagai organisme yang memiliki peran yang berbeda-beda. Menciptakan ekosistem yang dinamis dan produktif, ketika masing-masing kelompok yang berperan dapat mengoptimalkan kinerja. Beberapa kelompok ini tidak berdiri sendiri melainkan berlangsung secara ketergantungan antara satu sama lain. Apabila terjadi gangguan pada suatu kelompok, akan mengakibatkan terjadinya perubahan struktur dan fungsi ekosistem.

Sejak perkembangan industri sektor kehutanan secara pesat mengakibatkan pasokan bahan baku tidak mampu dicukupi oleh kayu yang dipanen dari hutan alam. Sehingga pembangunan hutan tanaman mulai berkembang untuk memenuhi

bahan baku yang dibutuhkan saat ini. Pembangunan hutan tanaman tetap perlu dalam pengawasan keragaman termasuk keragaman habitat, komunitas species dan keragaman genetik dalam species. Menurut Griffiths (2001) hilangnya suatu spesies akan menyebabkan hilangnya fungsi-fungsi dalam tanah. Keragaman fungsional tanah penting karena keragaman organisme berperan dalam pembentukan dan stabilitas struktur, kesuburan dan penyanggaan tanah. Walaupun total biomass organisme tanah lebih rendah dibandingkan fraksi humus atau fraksi mineral tetapi aktivitas mereka sangat penting dalam menentukan berfungsinya ekosistem tanah. Organisme tanah dapat diumpamakan sebagai mesin biologis bumi karena mereka memegang peranan kunci dalam ekosistem tanah yang memfasilitasi berfungsinya ekosistem di atasnya. Karena organisme tanah mengendalikan proses daur nutrisi, dinamika struktur tanah, degradasi polutan tanah, dan lain sebagainya yang mempengaruhi dinamika populasi tumbuhan yang tumbuh di atasnya.

Mikroba berguna (*effective microorganism*) sebagai komponen habitat alam yang memiliki peran dan fungsi penting dalam mendukung terwujudnya pertanian ramah lingkungan melalui berbagai proses di dalam tanah, seperti dekomposisi bahan organik, mineralisasi senyawa organik, fiksasi hara, pelarut hara, nitrifikasi dan denitrifikasi. Mikroba tanah dipandang sangat penting, sehingga menjadi salah satu indikator dalam menentukan indeks kualitas tanah. Semakin tinggi populasi mikroba tanah semakin tinggi aktivitas biokimia dalam tanah dan semakin tinggi indeks kualitas tanah (Karlen *et al.*, 2006).

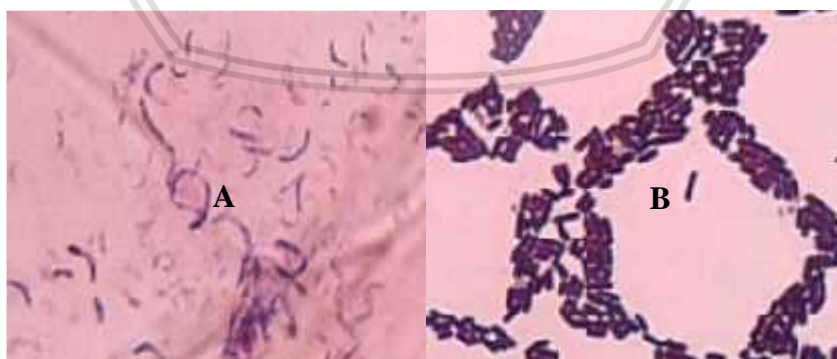
#### **2.4.2. Bakteri Penambat Nitrogen**

Bakteri penambat nitrogen sering disebut bakteri diazotrof yang mampu menggunakan nitrogen di udara sebagai sumber nitrogen bagi pertumbuhannya. Bakteri ini dapat dicari pada daerah perakaran dan pada jaringan tanaman. Peranan bakteri dalam memfiksasi nitrogen di udara mempunyai pengaruh yang cukup besar bagi nilai ekonomi untuk tanah pertanian (Ristiati *et al.*, 2015). Nitrogen merupakan unsur gas yang paling melimpah di udara dengan jumlah 70% yang mengandung semua pengendali kehidupan. Kebutuhan nitrogen untuk simbiosis antara tanaman dan bakteri di sumbu paling besar yaitu dalam bentuk bahan organik dengan proses reduksi (Bhattacharyya, 2012).

Kemampuan bakteri penambat nitrogen dibagi menjadi 2, yaitu simbiotik dan nonsimbiotik. Bakteri penambat nitrogen simbiotik adalah bakteri yang memerlukan inang untuk melakukan fiksasi, sedangkan bakteri nonsimbiotik yakni bakteri yang hidup bebas dalam tanah, salah satunya yaitu *Azotobacter* sp (Ruhnayat, 2007). Penambatan nitrogen secara nonsimbiotik dilakukan oleh jasad mikro yang hidup bebas tanpa bantuan inang sekaligus. Sementara hara N bebas di udara yang bersifat tidak stabil dan dapat hilang karena tercuci oleh erosi ataupun adanya proses penguapan ke udara.

#### 2.4.3. Bakteri Penambat Nitrogen Nonsimbiotik

Bakteri penambat nitrogen seperti *Azotobacter* diinokulasikan pada tanah akan menyuburkan tanah, karena selain efektif menambat N, bakteri ini juga mampu bertambah jumlah popoulasinya sehingga biomassa tanaman yang tumbuh di tanah tersebut akan meningkat (Hindersah dan Simarmata, 2004). Secara umum, jumlah nitrogen yang dihasilkan oleh kelompok bakteri ini adalah 10 kg N ha<sup>-1</sup> (Tenuta, 2006). Menurut Simanungkalit *et al.* (2001) bahwa bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik merupakan kelompok bakteri yang hidup bebas dan asosiatif, adapun macamnya dibagi menjadi 3 yaitu aerob, anaerob dan anaerob fakultatif. Tiga macam bakteri ini dibedakan berdasarkan tumbuh dan kemampuan hidupnya dalam kondisi ada maupun tidak adanya oksigen di dalam tanah. Mikroorganisme yang tergolong kelompok ini antara lain *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Clostridium* dan *Klebsiella*.



**Gambar 2.** Bakteri *Azospirillum* (A) dan *Azotobacter* sp (B) (Erfin *et al.*, 2016)

Sebaran dari *Azotobacter* sp sangat sulit ditemukan karena terkendala banyak faktor yang akan mempengaruhinya seperti kelembaban dan kandungan bahan organik, tidak terkecuali yaitu pH karena reaksi tanah ini menjadi salah satu

penentu sebaran bakteri penambat nitrogen (Branesa *et al.*, 2007). Sehingga sedikit saja pH berubah maka tidak memungkiri bakteri penambat nitrogen tidak ada dalam tanah tersebut.

#### 2.4.4. Mekanisme Penambatan Nitrogen

Mekanisme penambatan nitrogen yaitu  $N_2$  dikonversi dari udara oleh bakteri yang dibantu oleh adanya enzim nitrogenase. Banyaknya  $N_2$  yang dikonversi menjadi amonia sangat bergantung pada keadaan fisik, kimia dan biologi tanah. sumber energi C-organik akan tersedia di lingkungan menjadi faktor yang menentukan banyaknya nitrogen yang dihasilkan. Perkembangan populasi bakteri penambat nitrogen dipicu dengan menambahkan sisa-sisa tanaman kedalam tanah sebagai sumber karbon. Hal ini menjelaskan bahwa jumlah nitrogen yang ditambat oleh bakteri tergantung pada ketersediaan energi dan kemampuan bakteri penambat nitrogen bersaing dengan mikroba lain yang juga hidup di dalam tanah (Egamberdieva dan Kucharova, 2008). Mekanisme penambat nitrogen menurut Simanungkalit *et al.* (2001) bahwa dua molekul amonia yang dihasilkan dari satu molekul gas nitrogen dengan menggunakan 16 molekul ATP dan elektron beserta proton (ion hidrogen).



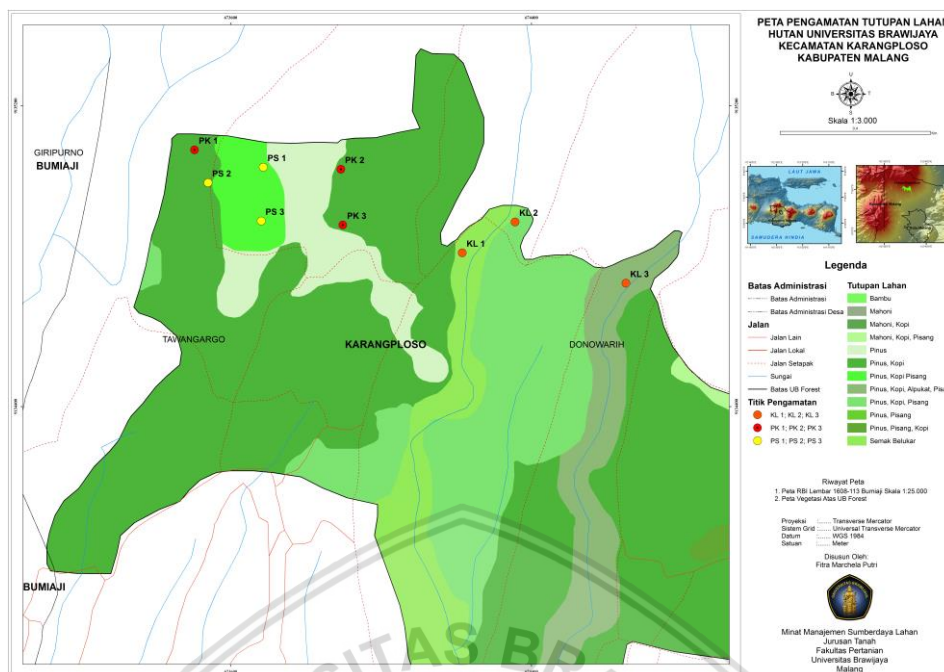
Reaksi ini dilakukan oleh bakteri eukariot dengan menggunakan bantuan dari enzim nitrogenase. Enzim ini mengandung dua molekul protein yaitu besi dan molibdenbesi. Reaksi ini berlangsung saat molekul  $N_2$  terikat pada kompleks enzim nitrogenase. Protein Fe akan direduksi oleh elektron yang diberikan ferredoksin, kemudian Fe mengikat ATP dan mereduksi molibden besi yang memberikan elektron kepada  $N_2$  sehingga akan menghasilkan  $NH=NH$ . Pada proses berikutnya  $NH=NH$  direduksikan menjadi  $H_2N-NH_2$ , kemudian direduksi menjadi  $NH_3$ . Proses ini bergantung pada jenis mikroba, ferredoksin yang menyimpan elektron diperoleh dari proses fotosintesis, respirasi atau fermentasi (anaerob). Menurut Danapriatna (2010) enzim nitrogenase menjadi tidak aktif apabila tekanan oksigen tinggi, oleh karena peran dari bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik mengantisipasi hilangnya enzim nitrogenase terhadap oksigen dengan cara apapun tergantung pada jenis mikroba yang berperan. Pada bakteri nonsimbiotik anaerob, oksigen tidak terlalu menjadi masalah karena

lingkungan hidup bakteri ini tidak membutuhkan oksigen yang banyak. Sedangkan untuk bakteri nonsimbiotik aerob, oksigen akan menjadi masalah ketika tidak tersedia karena dalam siklus hidupnya membutuhkan oksigen yang cukup banyak, akan tetapi enzim nitrogenase disini menjadi tidak aktif jika adanya oksigen. *Azotobacter* sp mampu melindungi enzim nitrogenase dari oksigen dengan bantuan kapsul lendir tebal yang dimilikinya.

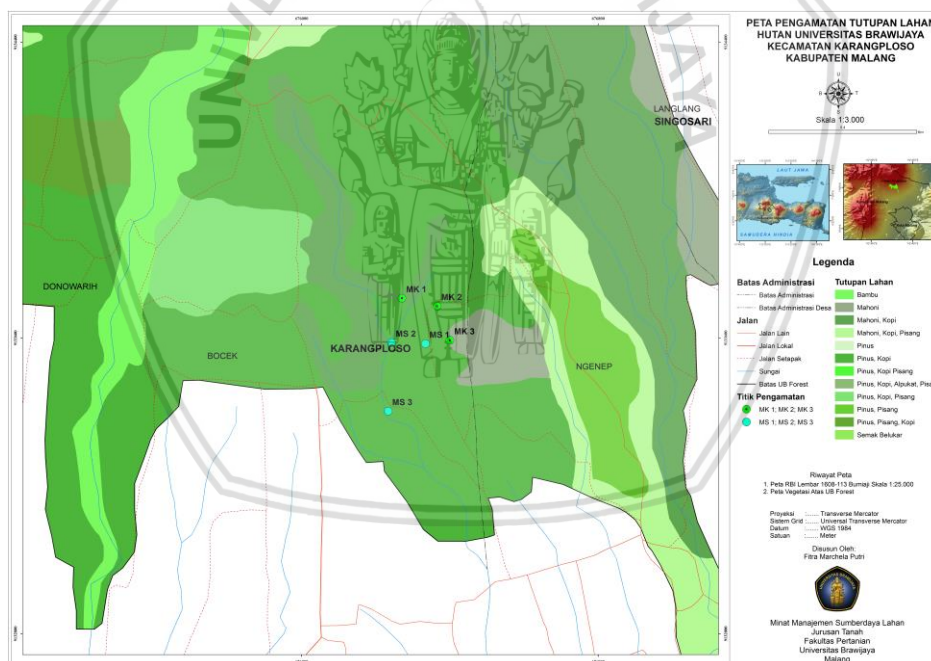




(a)



(b)



(c)

**Gambar 3.** a) Peta vegetasi atas di UB Forest. b) Dusun Summersari terdapat plot KL: Kawasan lindung, PK: Pinus kopi, PS: Pinus + Wortel; c) Dusun Buntoro terdapat plot MK: Mahoni kopi, MS: Mahoni + Talas.

(Sumber : Lab PSISDL Jurusan Tanah FP-UB)





a) Plot KL



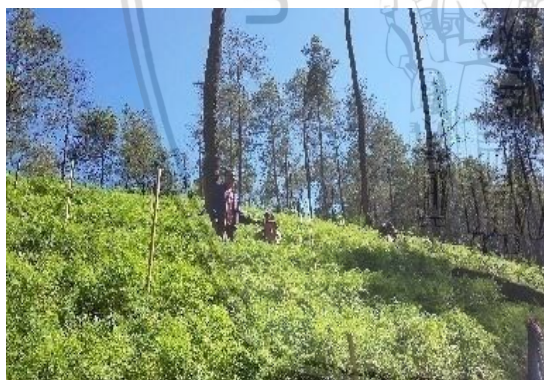
b) Plot PK



c) Plot MK



d) Plot MS



e) Plot PS

**Gambar 4.** Plot Penelitian (Keterangan : a) KL = Kawasan Lindung (rumput, semak, benalu dan pohon krinyu); b) PK = Pinus + Kopi; c) MK = Mahoni + Kopi; d) MS = Mahoni + Talas; e) PS = Pinus + Wortel).

### 3. 2. Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan variabel penelitian yaitu ring sampel, metersn, gps, balok kayu, palu, kresek, cangkul, frame aluminium, timbangan, karet, plastik, kertas label, buku, pensil, kamera, ayakan 5 mm, nampan, oven, *cooling box*, pH meter, spektrofotometer, alat destruksi, destilasi, tabung khejdahl, burret titrasi, *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC),



cawan petri, laminar, tabung reaksi, rak tabung reaksi, labu erlenmeyer, pengaduk gelas, *autoclaf*, jarum ose, *plastic wrap*, aluminium foil, neraca, mikropipet-tip biru dan tip kuning, bunsen, batang penyebar, botol spray, sendok, spidol, timbangan analitik, masker, jarum suntik, *sentrifuge*.

Untuk bahan yang digunakan berupa sampel tanah, MgO, H<sub>2</sub>O, alkohol 70%, larutan garam fisiologis (NaCl 0,85%), sukrosa, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O, FeCl<sub>2</sub>, bromtimol biru (0,5% larutan dalam etanol), CaCO<sub>3</sub>, agar, akuades, spirtus dan bibit tembakau.

### 3. 3. Rancangan dan Parameter Penelitian

Pengukuran diversitas dan total bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik dilakukan dengan metode survei di lahan UB Forest dan analisis di Laboratorium. Luas area sampling yang digunakan adalah 20 meter x 20 meter. Parameter yang diamati yaitu analisis biologi yaitu populasi bakteri, karakteristik isolat, analisis lingkungan yaitu serasah, kerapatan tajuk, kelembaban udara, suhu tanah, dan analisis kimia terdiri dari pH, kadar air, N-total, C-organik, amonium dan nitrat tanah (Tabel 1).

**Tabel 1.** Plot penelitian

No	Kode	Luas Plot (m)	Keterangan
1	KL	20 x 20	Kawasan lindung
2	PK	20 x 20	Pohon Pinus Umur 30 tahun dan Kopi Umur 5 tahun
3	PS	20 x 20	Pohon Pinus Umur 30 tahun dan Tanaman Wortel
4	MK	20 x 20	Pohon Mahoni Umur 30 tahun dan Kopi Umur 5 tahun
5	MS	20 x 20	Pohon Mahoni Umur 30 tahun dan Tanaman Talas

Keterangan : KL : Kawasan lindung, PK : Pinus kopi, PS : Pinus + wortel, MK : Mahoni kopi, MS : Mahoni + talas.

**Tabel 2.** Parameter Pengamatan

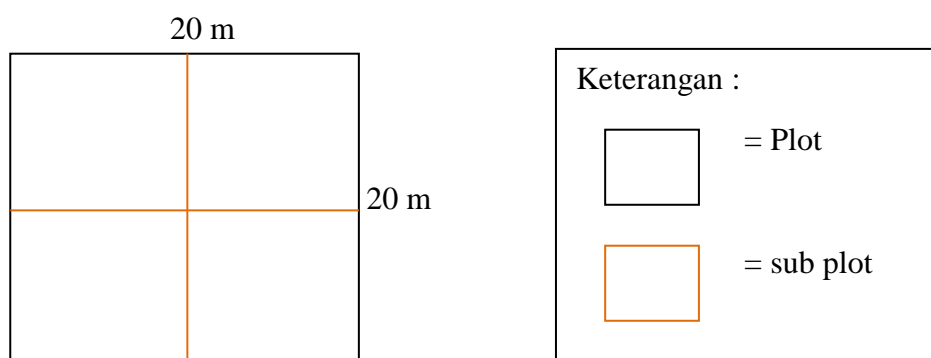
Parameter			Massa (Satuan)	Metode Analisis
Tanah	Biologi	Bakteri penambat nitrogen ( <i>Azotobacter sp</i> )	cfu/g	LG
		Populasi bakteri	cfu/g	Total Plate Count
		Uji Patogenitas	-	Schaad <i>et al.</i> , 2001
	Kimia	N- total	%	Kjeldahl
		Amonium	ppm	MgO
		Nitrat	ppm	Devarda's alloy
		pH	-	Glass electrode
		C-Organik	%	Walkley & Black
		Suhu	°C	Termometer
		Kelembaban	%	Hygrometer
Tanaman	Kerapatan tajuk		%	Martius, 2004
	Ketebalan Serasah		cm	Hairiah <i>et al.</i> , 2007
	Berat serasah		g	

### 3.4. Pelaksanaan Penelitian

Berikut adalah tahap-tahap yang dilakukan selama kegiatan penelitian :

#### 1) Penetapan Plot Pengamatan

Pembuatan plot dipilih berdasarkan penggunaan lahan yang akan diamati mikroba tanahnya. Dengan cara membuat plot berukuran 20 m x 20 m dengan total 400 m<sup>2</sup> pada setiap penggunaan lahan. Satu plot dibagi menjadi 4 kuadran sebagai sub plot. Pada plot pengamatan akan diamati kerapatan pohon yang meliputi, tutupan tajuk, pengambilan biomassa tumbuhan bawah, pengambilan sampel tanah untuk dilakukan analisis biologi dan kimia tanah. Penentuan plot didasari oleh umur tanaman yang akan diamati.



**Gambar 4.** Pembuatan plot pengamatan

## 2) Pengambilan Sampel Tanah

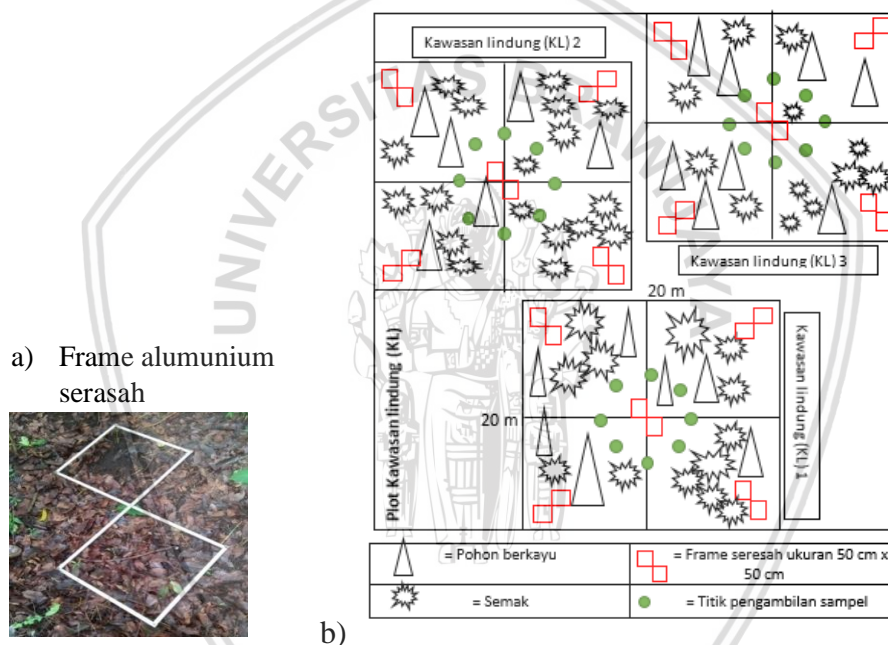
Sampel tanah diambil pada bidang seluas 20 meter x 20 meter s dengan kedalaman 0-20 cm. Metode komposit dipilih dalam pengambilan sampel yang di ambil secara langsung. Pengambilan sampel tanah dibagi menjadi 2 untuk kebutuhan biologi dan kimia. Sampel tanah biologi dimasukkan kedalam plastik 2 kg dan kemudian disimpan pada *cooling box* agar bakteri dalam tanah tidak mati. Sedangkan untuk analisis kimia tanah, dimasukkan ke dalam plastic 2 kg dan disimpan pada kresak dengan label sesuai yang diinginkan. Pengambilan sampel tanah dilakukan secara acak yang sesuai dengan arah mata angin kemudian dengan jarak 50-100 cm dari titik tengah, gunanya agar setiap sampel yang diambil dapat mewakili kondisi dan karakteristik umur pohon yang berpotensi ditemukannya bakteri penambat nitrogen.

## 3) Kerapatan (*density*) Pohon

Kerapatan merupakan jumlah individu suatu jenis tumbuhan dalam luasan tertentu dan dinyatakan dalam unit individu/ha. Pengukuran kerapatan vegetasi umumnya berhubungan dengan efek tepi (*side effect*) dan *life form* (bentuk tumbuhan). Untuk mengukur kerapatan pohon atau bentuk vegetasi lainnya yang mempunyai batang yang mudah dibedakan antara satu dengan yang lainnya. Pengukuran kerapatan tajuk ini dilakukan dengan mengambil gambar menggunakan kamera digital dan kemudian diproyeksikan dalam pixel gelap dan terang dan dihitung dengan total pixel yang diketahui. Pengambilan gambar dilakukan dengan mengambil 10 titik pada masing-masing penggunaan lahan (Martius, 2004).

#### 4) Pengamatan Serasah

Pengamatan serasah menggunakan frame yang terbuat dari alumunium berukuran 50 cm x 50 cm, dimana dilakukan 5 ulangan dengan pengamatan 10 frame. Parameter yang dilihat berupa ketebalan serasah, berat basah total, berat basah sub serta berat kering serasah. Dalam ketebalan serasah ini yang dilakukan adalah mengambil 10 titik dalam satu kuadran. Serasah yang didapat, dipisahkan berdasarkan jenisnya seperti serasah halus (lolos ayakan 5 mm), serasah sangat halus (lolos ayakan 2 mm), daun, ranting, *under storey* dan dioven selama 48 jam dengan suhu 75° C. Setelah berat kering didapatkan, serasah ditimbang dan dicatat hasilnya (Hairiah *et al.*, 2001).



**Gambar 5.** Metode Pengambilan Sampel Tanah dan Serasah (a. Frame alumunium serasah; b. Plot yang terdapat frame serasah)

#### 5) Isolasi Bakteri Penambat Nitrogen Non Simbiotik dari Tanah

Isolasi bakteri *Azotobacter* sp yaitu menggunakan 10 g sampel tanah ke dalam 90 ml larutan garam fisiologis yang keadaanya steril, kemudian buat seri pengenceran dari  $10^{-1}$  hingga  $10^{-7}$ . Inokulasi tiap seri pengenceran ke dalam medium seleksi *Azotobacter*, dan inkubasi pada suhu 30° C. Media yang digunakan berupa LG. Ketika dilihat ada koloni bakteri pada media LG yang sesuai dengan ciri-cirinya seperti beberapa bakteri ini *Azotobacter chroococcum*

tampak setelah 24 jam inkubasi dengan ciri putih basah dan berubah menjadi coklat gelap setelah 3-5 hari. Ciri koloni *Azotobacter vinelandii* dan *Azomonas* sama, hanya tidak berubah gelap. Sedangkan koloni *Azotobacter paspali*, setelah inkubasi 48 jam, pusat koloni menjadi kuning yang disebabkan asimilasi bromtimol biru dan pengasaman medium (Krieg & Dobereiner, 1984). Adapun teknik berupa cawan sebar (*Spread Plate*) merupakan salah satu teknik dalam pembiakan mikroorganisme di dalam media, dimana media ini berbentuk agar padat. Koloni tunggal ditemukan dengan dilakukan proses pengenceran dengan beberapa tahap (Plezer, 2006).

#### 6) Perhitungan Populasi Mikroba Tanah

Metode perhitungan angka lempeng total (*Total Plate Count*) merupakan salah satu cara untuk menghitung jumlah sel, sel hidup ini nantinya akan membentuk menjadi satu koloni. Media yang digunakan dapat menggunakan media padat dengan satuan (cfu)/g atau koloni/100 ml. Hitungan total yang diperoleh menunjukkan jumlah sel yang berkembang pada medium yang dipakai pada kondisi inkubasi tertentu (Salma *et al.*, 2005). Rumus perhitungan populasi mikroba tanah:

$$\text{Total Populasi CFU/g} = \frac{(\text{jumlah koloni}) \times (\text{fp})}{\text{BK tanah}}$$

Keterangan:

fp = faktor pengenceran pada cawan petri yang koloninya dihitung

bk = berat kering contoh tanah (gram) = berat basah x (1 – kadar air)

#### 7) Pemurnian

Ambil sedikit koloni *Azotobacter* dari media LG pada cawan menggunakan jarum ose steril ke cawan agar LG steril yang lain. Gores koloni pada permukaan agar steril yang sebelumnya dibagi menjadi 4 kuadran. Sel tunggal bebas kontaminan dapat dipindahkan 2-4 hari setelah inkubasi. Koloni murni akan muncul dan dilakukan pengamatan.

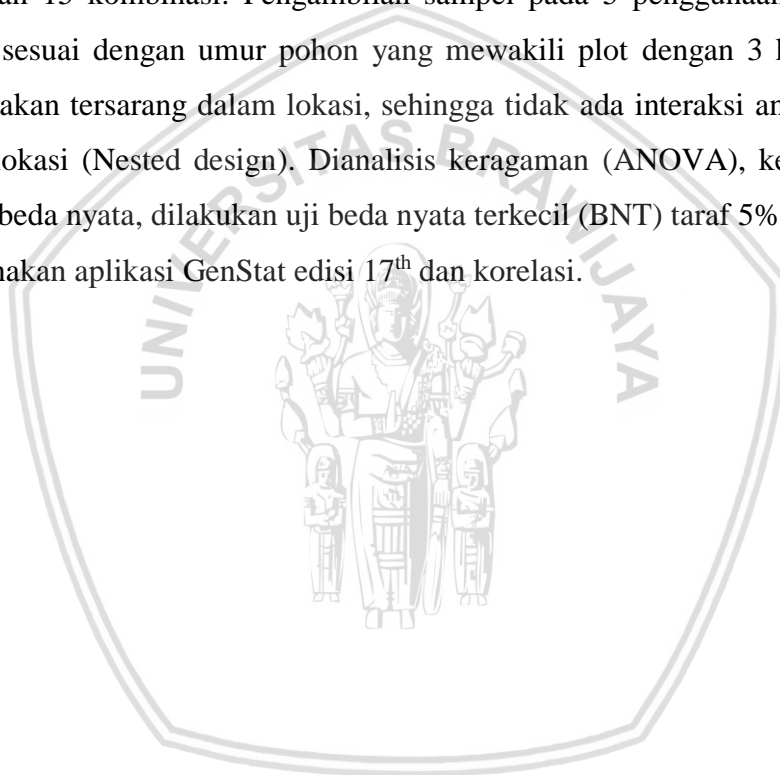
#### 8) Uji Patogenitas

Uji Patogenitas dilakukan untuk memastikan bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik tidak bersifat pathogen. Uji patogenitas dilakukan dengan cara mengamati dengan membandingkan secara visual pertumbuhan tanaman pada media yang ditentukan kemudian diberi perlakuan inokulasi bakteri penambat N

nonpathogen, pathogen, dan kontrol. Pada tanaman yang diinokulasikan bakteri penambat N pathogen akan memperlihatkan pertumbuhan yang tidak normal (sakit). Penelitian ini menggunakan tanaman tembakau. Isolat bakteri yang telah di encerkan  $10^{-7}$  pada jaringan tembakau yang berumur sedang (Schaad *et al.*, 2001).

### 3.5 Analisis Data

Percobaan ini dilakukan dengan metode Survei dengan rancangan petak tersarang (Nested) dengan 5 plot dan 3 kali ulangan dalam setiap plot sehingga didapatkan 15 kombinasi. Pengambilan sampel pada 5 penggunaan lahan yang berbeda sesuai dengan umur pohon yang mewakili plot dengan 3 kali ulangan, ulangan akan tersarang dalam lokasi, sehingga tidak ada interaksi antara ulangan dengan lokasi (Nested design). Dianalisis keragaman (ANOVA), kemudian jika hasil berbeda nyata, dilakukan uji beda nyata terkecil (BNT) taraf 5%. Data diolah menggunakan aplikasi GenStat edisi 17<sup>th</sup> dan korelasi.





## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Karakteristik Lingkungan pada Berbagai Penggunaan Lahan di UB Forest

#### 4.1.1. Kerapatan Tajuk

Dalam analisis vegetasi yang meliputi kerapatan tajuk sangat berkaitan erat dengan penggunaan lahan baik itu hutan dan agroforestri sederhana. Kerapatan tajuk akan mempengaruhi lingkungan dan juga jumlah bakteri di dalam tanah. Pada Tabel 3 ditunjukkan rerata kerapatan tajuk pada berbagai penggunaan lahan.

**Tabel 3.** Kerapatan Tajuk pada Berbagai Penggunaan Lahan di UB Forest

No	Perlakuan	Kerapatan Tajuk (%)
1	KL	87,09 c
2	PK	66,44 b
3	PS	48,23 a
4	MK	88,50 c
5	MS	86,08 c
BNT 5%		22,76

Keterangan : Bilangan yang diikuti huruf yang beda, berbeda nyata pada uji BNT taraf 5%. (KL : Kawasan Lindung; PK : Pinus Kopi; PS : Pinus + wortel; MK : Mahoni kopi; MS : Mahoni + talas).

Tajuk yang memiliki kerapatan paling tinggi yaitu pada kawasan lindung (KL), Mahoni + talas (MS) dan Mahoni kopi (MK) dan tajuk kurang rapat pada pinus + wortel (PS) dengan nilai 48,23%. Hasil analisis keragaman pada (Lampiran 3) menunjukkan bahwa kerapatan tajuk berpengaruh nyata. Hutan merupakan salah satu penggunaan lahan yang memiliki kerapatan tajuk yang paling rapat akibat tumbuhnya pohon dan semak belukar. Mahoni memiliki ranting yang lebar, kemudian kanopi yang rapat didukung dengan daunnya yang lebar (Raharjo *et al.*, 2016). Menurut Hardjowigeno (2010) hutan merupakan penggunaan lahan yang paling efektif dalam mencegah erosi karena daun-daunnya yang rapat. Kerapatan tajuk, undestorey dan serasah, akan memberikan efek lembab pada permukaan tanah. Junedi (2010) pada lahan hutan memiliki vegetasi yang rapat karena terdapat beragam jenis vegetasi yang tumbuh di atas permukaan mulai dari semak, rumput, lumut sampai beberapa jenis pohon besar yang tumbuh.

#### 4.1.2. Serasah

Berat serasah pada kawasan lindung (KL) memiliki nilai rerata berat sebesar 7,38 ton/ha dan berbeda nyata dengan lahan pinus + wortel (PS) yaitu dengan nilai rerata 0,32 ton/ha. Serasah merupakan seluruh bahan organik yang berada di permukaan tanah (hutan) yang belum terdekomposisi secara sempurna yang ditandai masih utuhnya bentuk dedaunan maupun ranting (Noor'an *et al.*, 2015).

**Tabel 4.** Berat Kering Serasah pada Berbagai Penggunaan Lahan di UB Forest

No	Perlakuan	Berat Kering Serasah (ton/ha)
1.	KL	7,38 c
2.	PK	2,51 ab
3.	PS	0,32 a
4.	MK	4,62 b
5.	MS	2,39 ab
BNT 5%		0,71

Keterangan : Bilangan yang diikuti huruf yang beda, berbeda nyata pada uji BNT taraf 5%. (KL : Kawasan Lindung; PK : Pinus Kopi; PS : Pinus + wortel; MK : Mahoni kopi; MS : Mahoni + talas).

Ketebalan serasah akan berkaitan dengan kondisi vegetasi utama maupun *understorey* (tanaman liar di bawah tanaman utama). Hal ini, akan sangat bergantung pada banyak dan beragamnya vegetasi, dimana dapat dilihat pada (Tabel 5) di lahan Kawasan lindung (KL) memiliki nilai rerata ketebalan serasah setinggi 1,68 cm dan ketebalan serasah pada pinus + wortel (PS) hanya 0,11 cm.

**Tabel 5.** Ketebalan Serasah pada Berbagai Penggunaan Lahan di UB Forest

No	Perlakuan	Ketebalan serasah (cm)
1	KL	1,68 b
2	PK	0,98 b
3	PS	0,11 a
4	MK	1,34 b
5	MS	1,37 b
BNT 5%		1,13

Keterangan : Bilangan yang diikuti huruf yang beda, berbeda nyata pada uji BNT taraf 5%. (KL : Kawasan Lindung; PK : Pinus Kopi; PS : Pinus + wortel; MK : Mahoni kopi; MS : Mahoni + talas).

Menurut Darmayanti dan Solikin. (2012) berat serasah paling tinggi yaitu pada lokasi multikultur agroforestri dengan tanaman beragam yang di dominasi mahoni dan mindi memiliki berat serasah 512 g/100 m<sup>2</sup>, karena pohon-pohon



tersebut merupakan tanaman tahunan yang memiliki tajuk lebar dan menyumbangkan banyak serasah dibandingkan dengan lokasi lainnya yaitu monokultur tanaman semusim dan monokultur tanaman tahunan. Berat serasah yaitu nilai terendah yaitu pohon pinus memiliki daun menjarum dan tanaman semusim berupa wortel yang kurang dalam menyumbang serasah, di tambah intensifnya petani melakukan pengolahan lahan berupa pembersihan lahan.

Berbeda pada kawasan lindung (KL) maupun kawasan mahoni kopi (MK) / mahoni + talas (MS) dan pinus kopi (PK). Menurut Darmayanti dan Solikin (2012) serasah dapat menyumbangkan bahan organik di suatu lahan, pada lahan agroforestri, dominasi dari mahoni, pelepasan unsur C dan N mengalami perubahan sebagai bukti adanya penyaluran unsur hara dari serasah mahoni ke dalam tanah. Serasah mahoni cukup baik dalam melepaskan unsur hara untuk tanah sifat sukar lapuk dengan nilai C/N, polifenol dan lignin yang tinggi sehingga ketersediaan tetap terjaga di atas permukaan tanah, namun lebih optimal apabila tanaman mahoni di campur dengan tanaman lain sehingga mampu menguntungkan sifat tanah seperti pohon waru gunung, kopi, dan bambu.

#### 4.1.3. Suhu Tanah dan Kelembaban Udara

Suhu tanah pada UB Forest di berbagai penggunaan lahan tentu memiliki perbedaan lokasi dan kerapatan tajuk, hal ini akan mempengaruhi kondisi iklim mikro. Suhu tanah pada Kawasan lindung (KL) sebesar 18,40 °C dan kelembaban udara 46,33% (Tabel 6). Suhu tanah dan kelembaban dapat dikendalikan jika dilihat dari banyaknya tanaman yang tumbuh, pohon masih alami belum adanya pergiliran tanaman ataupun penebangan pohon pada kawasan lindung. Tufika (2011) tinggi rendahnya suhu berkaitan erat dengan lamanya penyinaran cahaya matahari akan diikuti oleh tingginya suhu dan curah hujan yang tinggi akan tinggi pula, pada lahan pinus + wortel (PS) suhu tanah tinggi dan kelembaban yang rendah karena pinus memiliki kerapatan tajuk yang kurang rapat karena bentuk daun yang menjarum kemudian tanaman bawah berupa sayuran semusim yaitu wortel, memudahkan cahaya matahari langsung menembus tajuk hingga permukaan tanah, dapat dilihat dari hasil pada Tabel 4, lahan pinus + wortel (PS) dengan kelembaban sebesar 43,08 % dan suhu tanah sebesar 20,8 °C.

**Tabel 6.** Suhu Tanah dan Kelembaban Udara pada Berbagai Penggunaan Lahan di UB Forest

No	Perlakuan	Suhu Tanah (°C)	Kelembaban (%)
1	KL	18,62 a	46,33 b
2	PK	18,32 a	44,67 b
3	PS	20,80 ab	43,08 b
4	MK	21,48 b	30,00 a
5	MS	20,27 ab	43,00 b
BNT 5%		3,61	12,85

Keterangan : Bilangan yang diikuti huruf yang beda, berbeda nyata pada uji BNT taraf 5%. (KL : Kawasan Lindung; PK : Pinus Kopi; PS : Pinus + wortel; MK : Mahoni kopi; MS : Mahoni + talas).

Suhu di kawasan lindung (KL) berbeda nyata dengan penggunaan lahan berupa mahoni kopi (MK) dan untuk kelembaban mahoni kopi (MK) berbeda nyata dengan penggunaan lahan kawasan lindung (KL), mahoni + talas (MS), pinus kopi (PK) dan pinus + wortel (PS). Hal ini dikarenakan banyaknya jumlah vegetasi yang tumbuh pada kawasan lindung sehingga rapatnya vegetasi mampu mempertahankan suhu udara di daerah tersebut. Cahaya matahari yang lolos dari kanopi vegetasi kawasan lindung (KL) sangat sedikit. Menurut Fisher dan Binkley (2000) dalam menjaga kelembaban dan suhu, serasah di lantai hutan memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan produktivitas lahan hutan yakni serasah menjadi sumber utama unsur hara yang relatif mudah tercukupi bagi tanaman, selain itu serasah dapat mengendalikan erosi. Hal lain, dikarenakan faktor ketinggian tempat setiap plot yang berbeda.

#### 4.1.4. Karakteristik Sifat Kimia Tanah pada Berbagai Penggunaan Lahan

Sifat kimia memiliki peranan dalam menjaga kualitas tanah, tanpa terkecuali untuk menjaga diversitas mikroba di dalam tanah khususnya bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik. Sifat kimia yang meliputi pH, C-organik, N-total, amonium dan nitrat tanah perlu diketahui sebagai indikator pendukung keberadaan mikroba dalam tanah. Hasil karakteristik kimia tanah pada berbagai penggunaan lahan di UB Forest dapat dilihat pada (Tabel 7) sebagai berikut.

**Tabel 7.** Karakteristik Sifat Kimia Tanah pada Berbagai Penggunaan Lahan

No	Perlakuan	pH	*	C- Organik (%)	*	N-total (%)	*	Amonium (ppm)	*	Nitrat (ppm)	*
1	KL	5,5 b	Am	8,33 b	St	0,92 c	St	29,48 a	St	29,31 a	St
2	PK	4,7 a	M	4,27 a	T	0,61 b	T	23,80 a	St	31,05 a	St
3	PS	5,5 b	Am	4,79 a	T	0,36 a	Sd	22,19 a	St	34,04 ab	St
4	MK	5,7 b	Am	6,79 ab	St	0,50 ab	Sd	20,71 a	T	39,12 b	St
5	MS	6,4 c	Am	4,16 a	T	0,58 ab	Sd	25,79 a	T	47,56 a	St
BNT 5%		0,45		4,35		0,09		tn		15,23	

Keterangan : Bilangan yang diikuti huruf yang beda, berbeda nyata pada uji BNT taraf 5%. (KL : Kawasan Lindung; PK : Pinus Kopi; PS : Pinus + wortel; MK : Mahoni kopi; MS : Mahoni + talas).

\* = Kriteria menurut Lembaga Penelitian Tanah, 1980 (Am = agak masam, M = masam; St = sangat tinggi, Tt = tinggi, Sd = sedang). tn : tidak nyata.

#### 4.1.5. Nilai pH Tanah

Nilai pH tanah di UB Forest menunjukkan bahwa tanah di lokasi penelitian berpengaruh nyata (Lampiran 10) terhadap karakteristik penggunaan lahan maupun dari populasi bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik. Penggunaan lahan mahoni + talas (MS) menunjukkan nilai pH yang paling tinggi yaitu 6,4 agak masam sedangkan penggunaan lahan berupa pinus kopi sebesar 4,7 kategori masam. Menurut Hardjowigeno (2010) salah satu indikator bahwa ada tidaknya mikroba dalam tanah adalah pH. Bahwa mahoni + talas (MS) dengan melakukan kegiatan pengembalian serasah pada lapisan atas tanah akan mempercepat proses pengasaman tanah pada kawasan pinus + wortel (PS). Tanah yang masam tidak baik juga untuk lahan pertanian.

Perbedaan penggunaan lahan maupun cara dari pengolahan tanah pada lokasi penelitian menyebabkan nilai pH tanah berpengaruh nyata. Pengolahan tanah dengan menambahkan pupuk anorganik dan pengendalian hama penyakit menggunakan pestisida, mempengaruhi nilai pH pada masing-masing lahan. Tanah UB Forest termasuk ke dalam tanah masam. Tanah pada UB Forest menunjukkan pH dengan tingkat masam pada penggunaan lahan Pinus kopi sebesar 4,47 dan tanah agak masam 6,41 yaitu pada penggunaan lahan mahoni + talas (MS).

Pada (Tabel 7) menunjukkan bahwa kawasan lindung (KL) nilai pH tanah memiliki rata-rata sebesar 5,51. Nilai pH pada kawasan lindung sangat cocok

dengan hasil analisis kimia tanah menurut Lembaga Penelitian Tanah (1980) yakni sebesar 4,5 hingga 5,5. Sembiring (2008) menyatakan penggunaan lahan berupa hutan alami memiliki nilai pH sekitar 5,2 hingga 5,4. Sehingga tanah pada UB Forest untuk penggunaan lahan kawasan lindung (KL) memiliki pH agak masam. Sedangkan untuk pinus kopi memiliki pH tanah yang masam yaitu 4,47. Serasah yang dihasilkan oleh pohon pinus meningkatkan kemasaman tanah sehingga tidak semua jenis tanaman dapat tumbuh dibawah pohon pinus. Menurut penelitian Hardiwinoto (1994) menyatakan bahwa serasah daun pinus memiliki kandungan lignin dan selulose yang tinggi, sehingga proses dari dekomposisinya sangat lambat jika dibandingkan dengan jenis tanaman lain. Menurut Mangfoya *et al.* (1998) bahan organik yang tinggi dengan kandungan lignin dan polyphenolnya akan terdekomposisi lebih lambat karena terhambatnya proses sintesis dan aktivitas enzim-enzim selulosa. Sembiring. (2008) keasaman tanah dibawah pohon seperti *P. Merkusii* dan *E. Urophylla* masing-masing 4,8; 4,3; dan 4,5.

#### 4.1.6. C-Organik Tanah

Nilai C-organik memiliki pengaruh nyata pada setiap penggunaan lahan, dalam (Lampiran 6), pada penggunaan lahan kawasan lindung (KL) menyumbangkan 8,33% C-organik sedangkan pada penggunaan lahan mahoni + talas (MS) sebesar 4,16%. UB Forest menjadi kawasan bercocok tanam, sistem tumpang sari diterapkan dibawah pohon pinus maupun mahoni. Namun, dengan hasil hasil tertinggi pada kawasan lindung (KL) dibanding penggunaan lainnya disebabkan oleh masih rapat dan beragamnya tanaman maupun pohon, serasah, ranting maupun batang yang gugur dan menutupi permukaan tanah akan memperkaya kandungan organik dikarenakan tidak adanya pembersihan lahan seperti penggunaan lahan lainnya sehingga serasah terdekomposisi oleh adanya aktivitas mikroba. Sedangkan ditemui bahwa C-organik pada lahan mahoni + talas (MS) dengan nilai 4,16% dapat dikatakan tinggi meskipun nilai lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan lainnya. Menurut Monde *et al.* (2008) secara keseluruhan adanya alih guna lahan berdampak pada penurunan C-organik tanah. Bergantinya vegetasi, kemudian cara pengelolaan lahan yang semakin intensif menimbulkan terbukanya permukaan tanah, sehingga potensi terkena erosi dan

adnya pembakaran sisa-sisa tanaman dapat mempercepat hilangnya karbon organik dalam tanah.

#### 4.1.7. N-Total Tanah

Hasil nilai N-total berpengaruh nyata pada berbagai penggunaan lahan yang ada di UB Forest (Lampiran 12). Nilai N-total dapat dilihat pada (Tabel 7), total nitrogen dalam tanah akan bergantung pada tanaman yang tumbuh. Kawasan lindung (KL) memiliki nilai N-total dibandingkan dengan penggunaan lahan pinus + wortel (PS) berbeda nyata yaitu 0,36% dan KL sebesar 0,92%.

Lahan kawasan lindung (KL) lebih tinggi adapun faktor-faktor yang mempengaruhi. Menurut Mawardiana (2013) penambahan nitrogen dalam tanah terjadi karena beberapa hal seperti air hujan, pupuk, bahan organik yang diaplikasikan dan penambatan oleh mikroba tanah. Lahan pinus semusim + wortel (PS) berupa wortel, lain halnya karena lahan ini sangat intensif dalam pembersihan sisa daun-daun yang berguguran di atas permukaan ditambah lagi penggunaan pupuk dan pestisida. Kriteria nilai N-total yaitu mulai sedang (0,21%-0,5%) hingga tinggi (0,75%) menunjukkan bahwa masih tersedianya nitrogen didalam tanah sehingga berpengaruh nyata terhadap bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik.

#### 4.1.8. Amonium Tanah

Kadar amonium pada tanah tidak berpengaruh nyata (Lampiran 13) dikarenakan dari ke lima penggunaan lahan yaitu kawasan lindung (KL) dengan nilai 29,48 ppm, mahoni kopi (MK) 20,71 ppm, mahoni + talas (MS) 25,79 ppm, pinus kopi (PK) 23,80 ppm dan pinus + wortel (PS) 22,19 ppm. Hasil analisis ragam membuktikan bahwa amonium pada berbagai penggunaan lahan tidak berpengaruh nyata. Sumber nitrogen berupa serasah yang didapatkan pada masing-masing penggunaan lahan yang belum terdekomposisi secara sempurna sehingga mikroba dalam tanah belum efektif dalam merombak bahan organik (Amir, 2012). Menurut Hardjowigeno (2010) nitrogen yang hilang dapat terjadi akibat diserap tanaman maupun aktivitas mikroorganisme. Salisbury dan Ross (1995) amonifikasi merupakan perubahan nitrogen organik menjadi  $\text{NH}_4^+$  yang dilakukan oleh bakteri dan fungi tanah. Unsur nitrogen akan dapat dimanfaatkan



oleh tanaman ketika tersedia, dengan melewati proses yang disebut amonifikasi. Ion bermuatan positif pada amonium menjaga agar tidak mudah tercuci oleh air.

#### 4.1.9. Nitrat Tanah

Nilai nitrat tanah pada berbagai penggunaan lahan berpengaruh nyata (Lampiran 15). Nitrat tanah dapat dikatakan menunjukkan nilai yang sangat tinggi sesuai dengan kriteria Balai Penelitian Tanah (2009) dimana amonium  $> 21$  mg/kg serta nitrat  $> 20$  mg/kg termasuk kriteria yang tinggi-sangat tinggi. Menurut Hardjowigeno (2010) dibedakan menjadi 2 kelompok yaitu *autotroph* dan *heterotroph* dan 2 kelompok tersebut masih dibedakan lagi menjadi 4 yaitu: *photoautotroph*, *photoheterotroph*, *chemautotroph* dan *chemoheterotroph*. Bakteri *chemautotroph* mendapatkan energinya dari hasil oksidasi amonia, nitrit, S, Fe, Mn, H, dan CO dimana senyawa ini masih bisa direduksi oleh bakteri lainnya. Bakteri memiliki peran yang cukup baik di tanah dimana dapat merubah oksidasi beracun menjadi tersedia bagi tanaman seperti halnya senyawa nitrit yang beracun dapat cepat dioksidasi menjadi nitrat. Tumbuhan akan memaksimalkan nitrogen nitrat sebagai sumber nitrogen untuk keperluan tersedianya tumbuhan. Pada Tabel 7 menunjukkan nilai amonium rendah, sedangkan nitrat tinggi. Aziz *et al.* (2015) penurunan amonium dalam tanah akan meningkatkan konsentrasi kadar nitrat di dalam tanah, sehingga terjadinya proses transformasi amonium menjadi nitrat. Aktivitas mikroba tanah dapat dikatakan efisien jika dilihat adanya proses transformasi. Sehingga melihat hasil, pada lahan pinus + wortel (PS) yang terjadi peningkatan amonium tanah, menyebabkan proses transformasi amonium menjadi nitrat terhambat dan aktivitas mikroba dalam tanah kurang efisien.

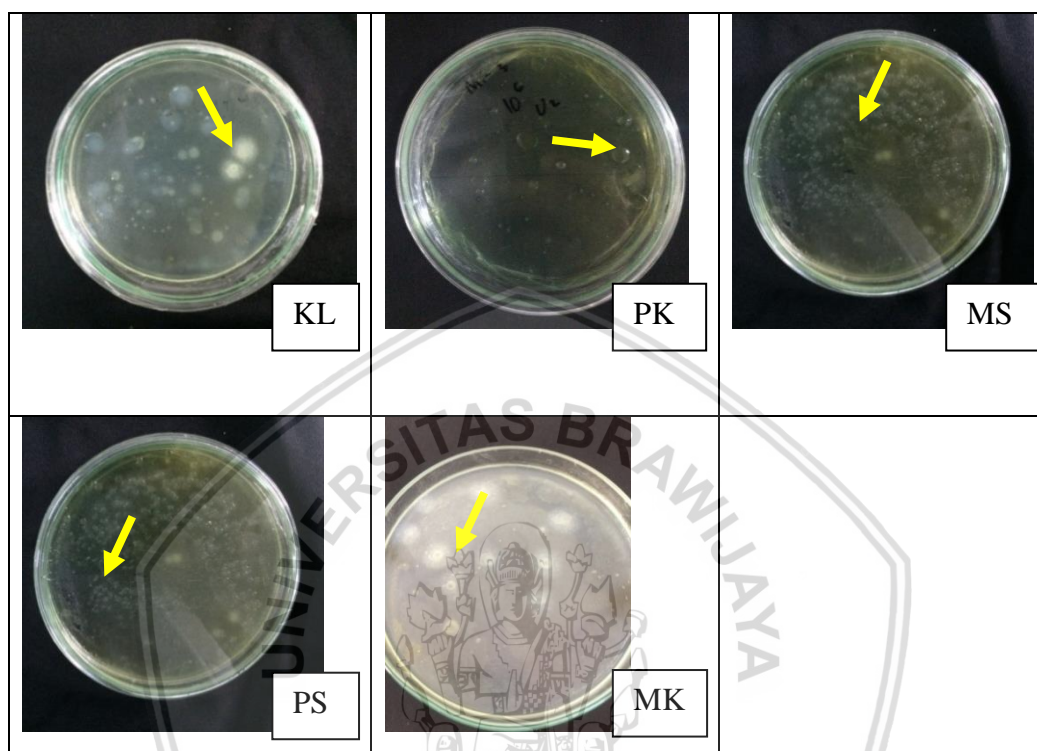
### 4.2 Diversitas dan Populasi Bakteri Penambat Nitrogen pada Berbagai Penggunaan Lahan Di UB Forest

#### 4.2.1. Diversitas dan Populasi Bakteri Penambat Nitrogen Nonsimbiotik

Isolasi bakteri yang dilakukan untuk mendapatkan populasi bakteri terkhusus yaitu bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik. Pengenceran dilakukan sebanyak 7 tingkat dan diambil terakhir yaitu pada  $10^7$  (Gambar 6). Bakteri tumbuh setelah hari ke 5 dalam kondisi suhu ruang 27-28 °C. Menurut Akhdiya (2003) hasil yang diperoleh pada (Gambar 6) sangat bergantung pada metode dan kondisi laboratorium yang digunakan dalam pelaksanaan isolasi. Medium LG



dipilih karena sifatnya hanya akan ditumbuhi oleh bakteri *Azotobacter* sp, dalam media tersebut sudah ada komposisi makanan yang disukai oleh bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik yaitu berupa sukrosa dan  $\text{CaCO}_3$ .



**Gambar 6.** Bakteri *Azotobacter* sp di media LG pada pengenceran  $10^7$  (Keterangan : a. PK: Pinus + Kopi; b. MK: Mahoni + Kopi; c. KL: Kawasan Lindung; d. PS: Pinus + Wortel; e. MS: Mahoni + Talas)

Pengambilan pengenceran  $10^7$  diakhir agar bakteri yang didapatkan mudah untuk dihitung karena koloni dalam satu cawan petri tidak terlalu rapat dan mudah dalam pengamatan. Batas dalam perhitungan pada cawan antara 30-300, jika lebih ataupun kurang dari jumlah tersebut harus dilakukan pengulangan. Jika kurang dari 30 pengenceran di turunkan, ketika jumlah lebih dari 300 koloni pengenceran di naikan hingga koloni dapat terhitung. Bakteri yang ada pada penggunaan lahan berupa kawasan lindung (KL) berbeda nyata dengan PK, MS dan MK, sedangkan PS tidak berbeda nyata dengan KL, PS, MK dan MS. Mahoni kopi (MK), mahoni + talas (MS) dan pinus + wortel (PS) untuk total bakteri tidak berbeda nyata dapat dilihat pada (Tabel 8). Total bakteri tertinggi pada yaitu pada penggunaan lahan hutan alami dengan kode kawasan lindung (KL) dengan rerata  $111,92 \text{ cfu/g} \times 10^7$  berbeda nyata dengan pinus + wortel (PS), pinus kopi (PK),

mahoni kopi (MK) dan mahoni + talas (MS). Penggunaan lahan berupa mahoni kopi (MK) tidak berbeda nyata dengan mahoni + talas (MS).

**Tabel 8.** Rerata Populasi Koloni *Azotobacter* sp pada Berbagai Penggunaan Lahan di UB Forest

No	Perlakuan	Populasi <i>Azotobacter</i> sp ( cfu/g ) x 10 <sup>7</sup>
1.	KL	111,92 d
2.	PK	69,02 c
3.	PS	50,98 b
4.	MK	37,50 a
5.	MS	52,72 b
BNT 5%		4,25

Keterangan : Bilangan yang diikuti huruf yang beda, berbeda nyata pada uji BNT taraf 5%. (KL : Kawasan Lindung; PK : Pinus Kopi; PS : Pinus + wortel; MK : Mahoni kopi; MS : Mahoni + talas). tn : tidak nyata.

Mahoni + talas (MS) sebesar 52,72 cfu/g x 10<sup>7</sup>, pinus + wortel (PS) sebesar 50,98 cfu/g x 10<sup>7</sup> dan terakhir mahoni kopi (MK) dengan total bakteri terendah sebesar 37,50 cfu/g x 10<sup>7</sup>. Mahoni kopi (MK) memiliki jumlah bakteri yang sedikit dimungkinkan adanya pengolahan lahan yang intensif yaitu tanaman kopi di pupuk sehingga populasi bakteri rendah dibandingkan dengan penggunaan lain. Populasi *Azotobacter* sp dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pemupukan dan jenis tanaman (Simanungkalit *et al.*, 2001).

**Tabel 9.** Isolat yang ditemukan pada Berbagai Penggunaan Lahan









No	Perlakuan	Jumlah Isolat
1	KL	8
2	PK	6
3	PS	4
4	MK	4
5	MS	6
<b>Total</b>		<b>29</b>

Bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik yang ditemukan pada berbagai penggunaan lahan diantaranya dapat dilihat pada Tabel 9. Jumlah isolat yang ditemukan tertinggi yaitu pada kawasan lindung (KL) sebanyak 8 isolat. Mikroba dalam tanah cukup banyak, untuk macam bahkan total mencapai jutaan, yang membedakan adalah perkembangbiakan bakteri, tergantung pada kemampuannya bersaing dengan mikroba lain yang hidup dalam tanah dalam mencari makan ataupun bertahan hidup (Simanungkalit *et al.*, 2006).

#### 4.2.2. Karakteristik Isolat Bakteri Penambat Nitrogen

Isolat bakteri yang didapatkan sebanyak 29 isolat dan dimurnikan menjadi 8 isolat dari proses isolasi Tabel 9. Bakteri dilihat karakteristiknya berdasarkan morfologi seperti bentuk, tepi, warna, dan elevasi bakteri. Pengamatan morfologi bakteri dilakukan secara visual dengan mengamati media selektif LG. Ukuran isolat bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik mulai 0,2 mm hingga 1,25 cm. Menurut Wedastri (2002) isolat yang ditemukan berupa bakteri penambat nitrogen dengan diameter 0,5 – 4 mm tergantung dengan lama inkubasi.

**Tabel 10.** Karakterisasi Morfologi Isolat Bakteri

No	Kode	Ukuran (cm)	Karakteristik Morfologi Isolat				Dokumentasi
			Bentuk	Elevasi	Tepi	Warna	
1.	MK2A1	0,5	Curcural	Cembung	Entire	Putih Kekuningan	
2.	KL1A2	1,25	Curcular	Cembung	Entire	Putih Transparan	
3.	PK1A1	1,2	Iregular	Rata	Lebale	Kekuningan	
4.	PK2A1	0,02	Iregular	Cembung	Serrate	Putih Transparan	
5.	KL1A1	0,08	Curcular	Cembung	Entire	Putih Susu	
6.	MK2A2	0,05	Curcular	Cembung	Entire	Kuning	
7.	PS3A1	0,5	Iregular	Cembung	Entire	Putih Kekuningan	
8.	MS1A1	0,05	Iregular	Rata	Entire	Putih Susu	

#### 4.2.3. Uji Patogenitas pada bibit tembakau

Uji patogenitas ini dilakukan dengan menggunakan 8 isolat yang didapat, kemudian diinjeksikan ke daun bibit tembakau. Delapan isolat tersebut terdiri dari kawasan lindung (KL) 2 isolat, mahoni kopi (MK) 2 isolat, mahoni + talas (MS) 1

isolat, pinus kopi (PK) 1 isolat dan pinus + wortel (PS) 1 isolat. Patogenitas merupakan mekanisme penghambatan kegiatan mikroorganisme pada suatu tumbuhan atau hewan untuk dilihat ketahannya. Sel-sel inang akan menunjukkan perubahan karakteristik seperti permeabilitas, kekurangan, dan kematian yaitu terjadi pada sebelah sel yang sudah terinfeksi (Danaatmadja., 2009).



**Gambar 7.** Bibit Tembakau yang sudah diinjeksi oleh bakteri *Azotobacter* sp (negatif berpotensi sebagai patogen)

Menurut Soesanto (2011) uji patogenitas merupakan penentu bahwa mikroba yang telah diisolasi merupakan patogen bagi tanaman atau bukan sebagai patogen tanaman. Dari hasil injeksi ke jaringan daun bibit tembakau menunjukkan bahwa tidak adanya gejala nekrosis (negatif patogen), tidak ditemukannya bercak coklat (sakit) pada daun (Tabel 11). Sehingga dapat dikatakan bahwa isolat tidak berbahaya bagi tanaman dan dapat digunakan dalam penelitian selanjutnya. Wahyudi *et al.* (2011) ketika bibit tembakau tergejala, munculnya penyakit setelah 24 jam disuntikkan dengan gejala menguning disepanjang tepi daun atau disemua helai daun, panjang gejala akan bertambah sepanjang waktu. Infeksi yang ditunjukkan daun tembakau dikarenakan terinfeksi oleh isolat bakteri melalui luka kemudian merambat menuju xilem.

**Tabel 11.** Hasil Uji Patogenitas Isolat

No	Kode Isolat	Reaksi Isolat
1	MK2A1	(-) negatif
2	MK2A2	(-) negatif
3	PK1A1	(-) negatif
4	PK2A1	(-) negatif
5	KL1A1	(-) negatif
6	KL1A2	(-) negatif
7	PS1A1	(-) negatif
8	MS1A1	(-) negatif

Bibit tembakau yang sudah diinjeksi oleh 8 isolat, tidak menunjukkan tanda-tanda seperti terserang penyakit atau munculnya gejala seperti kekurangan kekebalan dari tanaman seperti layu ataupun gejala-gejala yang menunjukkan akan matinya bibit tembakau yang telah terinjeksi. Semua isolat tidak merubah warna daun tembakau yang berupa tanda terjadinya nekrosis. Inokulasi pada bibit tembakau tidak menimbulkan gejala penyakit baik pada bagian yang diinokulasi maupun bagian lain yang berdekatan dengan tempat dilakukakannya injeksi. Arwiyanto *et al.* (2007) suspensi bakteri disuntikan pada antarsel daun tembakau, sehingga dari hasil pada Tabel 9 menunjukkan dari ke 8 isolat tidak berpotensi sebagai patogen bagi tanaman.

### 4.3. Pembahasan Umum

#### 4.3.1. Hubungan Berbagai Penggunaan Lahan Terhadap Diversitas dan Populasi Bakteri Penambat Nitrogen Nonsimbiotik

Penggunaan lahan memiliki peran yang sangat penting bagi kehidupan mikroorganisme di dalam tanah tergantung dengan tanaman dan intensifitas dalam pengolahan lahan seperti pemupukan maupun pemakaian pestisida. Penggunaan lahan yang kaya akan serasah, adanya *understorey*, dan kerapatan tajuk yang rapat dapat mendukung kondisi iklim meso dan mikro. Populasi bakteri penambat nitrogen (*Azotobacter* sp) akan meningkat dengan dukungan dari lingkungan. Hasil uji korelasi hubungan antara bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik (*Azotobacter* sp) dengan kerapatan tajuk dan berat serasah hubungan keduanya



menunjukkan nilai positif dengan korelasi kuat, dimana nilai  $r = 0,71$  untuk kerapatan tajuk dan berat serasah dengan nilai  $r = 0,76$  (Lampiran 15). Ketebalan serasah tinggi, sehingga mampu menyediakan substrat bagi bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik dalam tanah.

Hanafiah (2012) bahwa terdapat 3 faktor utama dalam melihat keragaman mikroba dalam tanah yaitu cuaca (curah hujan), kemudian ada kondisi atau sifat tanah, terutama kemasaman, kelembaban, suhu, unsur hara dan terakhir yaitu tipe vegetasi penutup, seperti penggunaan lahan hutan, belukar, maupun padang rumput. Melihat dari beberapa faktor tersebut, sesuai dengan kawasan lindung (KL) yaitu penggunaan lahan berupa hutan alami, kelembaban udara dan suhu tanahnya pun cukup yaitu 46-47% untuk suhu tanahnya sendiri sebesar 18 °C. Menurut BIS (2010) kondisi iklim terutama suhu dan kelembaban udara dipengaruhi oleh curah hujan dalam menentukan keragaman organisme tanah, misalnya aktivitas dan pertumbuhan mikroorganisme cepat meningkat apabila diikuti dengan suhu dan kelembaban tanah yang tinggi.

Kondisi lingkungan sangat mendukung banyaknya populasi bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik (*Azotobacter* sp) berada pada kawasan lindung (KL). Banyaknya jumlah bakteri yang ditemukan sering dipergunakan oleh para peneliti sebagai indeks kesuburan tanah, dimana mikroba dalam tanah tinggi disitulah tanah semakin subur. Menurut Hanafiah (2012) menjelaskan bahwa, populasi mikroba yang tinggi menunjukkan banyaknya suplai makanan dikarenakan aktivitas mikroba dalam tanah, suhu yang sesuai kemudian ditambah dengan ketersediaan air yang cukup dan kondisi ekologi yang mendukung menyebabkan banyaknya populasi mikroba hanya dianggap sebagai penciri kesuburan tanah.

Selain dilihat dari kerapatan tajuk, suhu tanah dan kelembaban, faktor lingkungan lain yaitu berupa biomassa tanaman bawah, beragamnya pohon dan belukar pada kawasan lindung (KL) akan lebih banyak menghasilkan serasah sehingga menutup permukaan tanah, contohnya seperti serasah di permukaan tanah akan terurai oleh bakteri menjadi bahan organik apabila ada keadaan yang mendukung. Hal ini sejalan dengan Suriadikarta *et al.* (2006) bahan organik memiliki peran yang baik yaitu sebagai sumber energi dan makanan mikroba tanah

(substrat) sehingga dapat meningkatkan aktivitas mikroba tersebut dalam penyediaan hara tanaman. Jadi, penambahan bahan organik di samping sebagai sumber hara bagi tanaman, sekaligus sebagai sumber energi bagi mikroba.

#### 4.3.2. Hubungan Sifat Kimia terhadap Diversitas dan Populasi Bakteri Penambat Nitrogen Nonsimbiotik

Masalah utama di UB Forest merupakan beralihnya fungsi yang awalnya hutan menjadi agroforestri sederhana, hal ini akan sangat mempengaruhi tanah maupun bagi tanaman. Unsur hara esensial sangat penting bagi kelangsungan hidup tanaman, salah satunya yaitu nitrogen. Nitrogen banyak diudara, namun tidak dapat langsung dimanfaatkan oleh tanaman sehingga apabila unsur hara nitrogen tidak tersedia bagi tanaman akan memperlambat pertumbuhan. Efek yang diberikan alih fungsi lahan, kemasaman dan kandungan kimia tanah lainnya akan mengalami perubahan seiring dengan bergantinya tanaman. Oksana *et al.* (2012) bahwa akibat alih fungsi lahan hutan menjadi perkebunan menyebabkan peningkatan pH tanah yang semula masam menjadi hampir netral, kemudian nitrogen total kandungannya juga mengalami perubahan seiringnya dengan pergantian penggunaan lahan yang awalnya berupa hutan.

Semakin tinggi nilai pH maka semakin banyak bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik (*Azotobacter* sp) hidup. Banyaknya bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik (*Azotobacter* sp) berkorelasi dengan pH tanah, dengan  $r = 0,14$  pada (Lampiran 15). Nilai pH yang ditemukan pada kawasan UB Forest masuk dalam kategori masam (4,5-5,5) hingga agak masam (6,6-7,5). Menurut Ruhnayat (2009) bahwa *Azotobacter* sp ditemukan pada tanah dengan pH 4,5–9,0. Kandungan unsur kimia yang terdapat pada tanah akan berpengaruh nyata terhadap populasi bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik. Barnes *et al.* (2007) dimana rekasi tanah (pH) merupakan salah satu faktor penentu sebaran bakteri disamping kelembaban dan kandungan bahan organik. Perkembangan mikroorganisme sangat dipengaruhi oleh tingkat keasaman tanah, bakteri pengikat nitrogen dari udara dan bakteri nitrifikasi hanya berkembang dengan baik pada pH lebih dari 5,5.

Menurut (Angers dan Carter 1996 dalam Neiveen *et al.*, 2005) menyatakan bahwa adanya pergantian tanaman yang tergantung pada spesies tanamannya, kemudian adanya pengembalian jumlah sisa panen tanaman dalam waktu

pendek dapat meningkatkan agregasi tanah dan kandungan karbon tanah. Nilai C-organik memiliki nilai positif dan berkorelasi kuat dengan nilai  $r = 0,52$  dapat dilihat pada (Lampiran 15). Hal ini dikarenakan beragamnya vegetasi dalam menyumbangkan sisa-sisa tanaman yang sudah mati ditambah daun-daun yang mati masih menutupi permukaan hutan yang mengalami dekomposisi membantu dalam menambah C-organik tanah (Baso, 2014). Menurut Ristiati (2015) jumlah dan aktivitas mikroba dalam tanah akan sangat bergantung dengan keseimbangan nutrisi yang akan berpengaruh nyata terhadap tingkat kesuburan tanah suatu lahan. Nuraini *et al.* (2015) bahwa bakteri penambat nitrogen dapat memperbaiki kesuburan tanah pada lahan kritis. Menurut Irawan *et al.* (2016) bahwa bahan organik mengandung banyak unsur hara, salah satunya yaitu nitrogen dimana mikroorganisme membutuhkan itu untuk hidup yang melalui beberapa proses pembebasan nitrogen melalui proses mineralisasi pada sisa-sisa bahan organik. Bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik termasuk dalam bakteri yang mendapatkan makanannya dari bahan organik yang tersedia dalam tanah seperti dari sisa-sisa tanaman mati ataupun dari dedaunan yang berguguran.

Hasil antara penggunaan lahan kawasan lindung (KL), mahoni kopi (MK), mahoni + talas (MS), pinus kopi (PK), dan pinus + wortel (PS) didapatkan hasil berpengaruh nyata dengan N-total (Lampiran 12). Tingginya kandungan nitrogen pada daerah yang lebih tinggi disebabkan tingginya bahan organik tanah pada tempat yang lebih tinggi dibandingkan tempat yang lebih rendah. Bahan organik merupakan salah satu sumber nitrogen bagi tanaman. Semakin tinggi tempat maka cenderung semakin tinggi pula kandungan nitrogen tanah. Hal ini berbanding lurus karena nilai nitrogen total dengan  $r = 0,60$  dikategorikan kuat.

Sari *et al.* (2013) nitrogen tanah digunakan mikroorganisme untuk menguraikan bahan atau senyawa di dalam tanah. Kebutuhan unsur hara nitrogen bagi tanaman sangat penting, dengan adanya mikroba tanah pemfiksasi nitrogen memudahkan menyediakan unsur hara bagi tanaman tanpa menggunakan bahan kimia yang berbahaya bagi tanah seperti penggunaan lahan pinus + wortel (PS) dengan tanaman budidaya berupa wortel pada aktualnya lahan ini sering di pestisida dan ditambahkan pupuk anorganik untuk meningkatkan produktivitas sehingga harga jual produk tinggi.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

1. Penggunaan lahan di UB Forest mempengaruhi diversitas dan populasi bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik. Penggunaan lahan di UB Forest kawasan lindung (KL) memiliki populasi terbanyak di bandingkan mahoni kopi (MK), mahoni + talas (MS), pinus kopi (PK) dan pinus + wortel (PS). Diversitas dan populasi pada kawasan lindung (KL) sebanyak  $111,92 \text{ cfu/g} \times 10^7$  tidak berbeda nyata dengan pinus + wortel (PS) dengan rerata  $69,02 \text{ cfu/g} \times 10^7$ . Isolat yang ditemukan sebanyak 29 dari berbagai penggunaan lahan, terdiri dari kawasan lindung (KL) 8 isolat, mahoni + kopi (MK) 4 isolat, mahoni + talas (MS) 6 isolat, pinus + kopi (PK) 6 isolat dan pinus + wortel (PS) 4 isolat. Hasil uji patogenitas negatif untuk ke 8 isolat yang terkarakterisasi.
2. Faktor lingkungan yang mendukung diversitas dan populasi bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik di UB Forest meliputi suhu, kelembaban, kerapatan tajuk, dan serasah. Kerapatan tajuk  $r = 0,71$  dan serasah  $r = 0,76$  dengan kategori korelasi kuat dalam mendukung diversitas dan populasi bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik dan karakteristik kimia seperti C-organik dan N-total memiliki korelasi kategori sedang yaitu  $r = 0,48$  dan  $r = 0,56$ .

### 5.2. Saran

Perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik untuk melengkapi identifikasi, kemudian dilengkapi dengan pencarian jenis bakteri maupun fungsi dalam tanah jenis lain. Miroorganisme yang ditemukan dapat digunakan di bidang pertanian untuk dimanfaatkan sebagai agen hayati yang ramah lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhdiya, Alina. 2003. Isolasi Bakteri Penghasil Enzim Protease Alkalik Termotabil. Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetika Pertanian. Buletin Plasma Nutfah Vol. 9. No. 2 : Bogor.
- Amir, Lukman., Arlinda Puspita Sari., St. Fatimah Hiola, dan Oslan Jumadi. 2012. Ketersediaan nitrogen tanah dan pertumbuhan tanaman bayam (*Amaranthus tricolor* L.) yang diperlukan dengan pemberian kompos Azolla. Jurnal Saismat. 1(2): 167-180.
- Arwiyanto, Triwidodo., Fatma Yuniarsih, Toekidjo Martorejo, dan Gembong Dalmadio. 2007. Seleksi *Pseudomonas fluorescens* Secara Langsung di Lapang untuk Pengendalian Penyakit Lincat pada Tembakau. J. HPT Tropika. 7(1):62-68.
- Aziz, Andi Asmawati dan Nani Kurnia. 2015. Kandungan Amonium dan Nitrat Tanah pada Budidaya Bayam Putih dengan Menggunakan Pupuk Urin Manusia. Jurusan Biologi: Universitas Negri Makassar.
- Badan Pusat Statistik. 2010. Statistik Indonesia Tahun 2010. Pedoman Pendataan Survei Penduduk: Jakarta Pusat.
- Balai Penelitian Tanah. 2005. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (DEPTAN): Bogor.
- Barnes, Robert J., Samantha Jayne Baxter, dan R.M. Lark. 2007. Spatial covariation of Azotobacter abundance and soil properties: A case study using the wavelet transform. Soil Biol. Biochem. 39 : 295–310.
- Baso, Muhamad Subair Gaffar., Uswah Hasanah, dan Monde. 2014. Variabilitas Sifat Fisika Tanah Dan C-Organik Pada Lahan Hutan Dan Perkebunan Kakao (*Theobroma Cacao* L.) Di Desa Sejahtera Kecamatan Palolo Kabupaten Sigi. E. Jurnal. Agroteknis2 (6) : 565-572.
- Bio Intelligence Service (BIS). 2010. Soil Biodiversity: Functions, Threats and Toolsfor Policy Makers. Technical Reports: Europe Commision. Available at <http://www.biois.com/soilbiodiversity/231.html>.
- Breure, Anton M. 2004. Soil Biodiversity: Measurements, Indicators, Threats and Soil Functions. November 23th 17th, León Spain. Biologi.
- Bhattacharayya, P.N. 2012. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Emergence In Agriculture. World Journal of Microbiological & Biotechnology. Volume 28. Issue 4. pp 1327–1350.
- Budiyanto, Gunawan. 2016. Panduan Praktikum Klimatologi Pertanian. Laboraturium Ilmu Tanah dan Nutrisi Tanaman: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Danapriatna, Nana. 2010. Biokimia Penambatan Nitrogen oleh Bakteri Nonsimbiotik. Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah 1 (2): 3-4.



- Danaatmadja, Yanuar. 2009. Isolasi dan Karakterisasi *Ralstonia syzygii*. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia. Vol. 15. No.1. 2009: 7 – 12: UGM Yogyakarta.
- Darmayanti dan Solikin. 2012. Infiltrasi dan Permukaan pada Pola Tanam Agroforestri dan Monokultur. Studi di Desa Jeru Kabupaten Malang. Indonesian Institute of Sciences: Jawa Timur.
- Egamberdieva, Difuza. 2008. Plant growth promoting properties of rhizobacteria isolated from wheat and pea grown in loamy sand soil. Turk J Biol 32(1):9–15.
- Ekawati, Ida dan Syekhfani. 2005. Dekomposisi Tajuk Padi oleh Biakan Campuran Bakteri Selulolisis Dan Penambat Nitrogen.. J. Pembangunan Pedesaan 5:120-128.
- Erfin, Natsir Sandiah., dan La Malesi. 2016. Identifikasi *Azospirillum* dan *Azotobacter* Pada Rhizosfer Asal Komba-Komba (*Chromolaena odorata*). Institut Pertanian Bogor: Bogor. Jitro Vol.3. No.2.
- Fisher, Richard F. dan Dan Binkley. 2000. Ecology and Management of Forest Soils. 3rd Ed. John Wiley & Sons, Inc. Canada. 489 p.
- Giller K.E., M.H. Beare, P. Lavelle, A.M.N. Izac, and M.J. Swift. 1997. Agricultural Intensification, Soil Biodiversity and Agroecosystem Function. Applied Soil Ecology 6: 3-16.
- Griffiths, B.S., K. Ritz, R. Wheatley, H.I. Kuan, B. Boag, S. Christensen, F. Ekelund, S.J. Soerensen, S.Muller and J. Bloem. 2001. An Examination of the Biodiversity ecosystem Functions Relationship in Arable Soil Microbial Communities. Soil Biol. Biochem. 33, 1713-1722.
- Hairiah Kurniatun., Didik Suprayogo, Widiyanto, Berlian, Erwin Suhara, Aris Mardiasuning, Rudy Harto Widodo, Cahyo Prayogo, dan Subekti Rahayu. 2004. Alih guna lahan hutan menjadi lahan agroforestri berbasis kopi: ketebalan serasah, populasi cacing tanah dan makroporositas tanah. AGRIVITA 26 (1): 68-80.
- Hairiah, Kurniatun, Mustofa Agung Sardjono, dan Sambas Sabarnudin. 2004. Pengantar Agroforestri. LN0001-04. Pdf. World Agroforestry Center: Jakarta.
- Hairiah Kurniatun, Rahayu S. 2007. Pengukuran ‘Karbon Tersimpan’ di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. Bogor. World Agroforestry Centre – ICRAF. SEA Regional Office. University of Brawijaya: Indonesia. 77 p.
- Hanafiah, Kemas Ali. 2012. Dasar–Dasar Ilmu Tanah. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada 386 Halaman.
- Hardiwinoto, Suryo, Haryono, S., Fasis, M. Dan Sambas S. 1994. Pengaruh Sifat Kimia terhadap Tingkat Dekomposisi beberapa Jenis Daun Tanaman

Hutan. Manusia dan Lingkungan. Jurnal Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Gadjah Mada No. 4 (2) : 25-36.

- Hartono dan Oslan Jumadi. 2014. Seleksi dan Karakterisasi Bakteri Penambat Nitrogen Nonsimbiotik Pengekskresi Amonium Pada Tanah Pertanaman Jagung (*Zea mays* L.) dan Padi (*Oryza sativa* L.) Asal Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan, Indonesia. Jurnal Sainsmat. Hal 143-153. Vol. III, No. 2.
- Hidayat, Agung Hadi., Usamah Hanafie., dan Nurmelati Septianan. 2009. Dampak Konversi Lahan Pertanian bagi Taraf Hidup Petani di Kelurahan Landasan Ulin Barat Kecamatan Liang nggang Kota Banjarbaru. J.Agribisnis Perdesaan Vol. 2-2: Fakultas Pertanian Umum.
- Hindersah Reginawati dan Simarmata Tumpal. 2004. Potensi rizobakteri azotobacter dalam meningkatkan kesehatan tanah. Jurnal Natur Indonesia. 5 (2): 127-133.
- Irawan, Ahmad., Yadi Jufri dan Zuraida. 2016. Pengaruh Pemberian Bahan Organik Terhadap Perubahan Sifat Kimia Andisol, Pertumbuhan dan Produksi Gandum (*Triticum eastivum* L.). Universitas Syiah Darussalem Banda Aceh. Jurnal Kawista 1(1): 1-9.
- Junedi, Heri. 2010. Perubahan Sifat Fisika Ultisol Akibat Konversi Hutan Menjadi Lahan Pertanian. J. Hidrolitan. 1:2:10-14.
- Jusmaliani. 2011. Pengelolaan Sumber Daya Insani. Bumi Aksara: Jakarta.
- Karlen Douglas L., Eric G. Hurley, Susan. S. Andreas, Chyntihia A. Cambardella, David W. Meck, Michael D. Duffy dan Antonio P. Mallarino. 2006. Crop rotation on soil quality at three northern corn/soybean belt location. J. Agron.
- Krieg, N.R. dan J. Dobereiner. 1984. Genus Azospirillum. p 94-104. In J.G. Holt & N.R. Krieg (Eds.). Bergey's Mannual of Systematic Bacteriology. Vol 1. Williams and Wilkins. Baltimore.
- Latha. Puranik and S. Jeyaraman. 2014. The Application of Soil Microbe from Wamena Botanical Garden as Biofertilizer (Compost Plus) on Purple Eggplant (*Solanum melongena* L.). J. Ilmiah Pert. Gakuryoku XI (3): 20–24.
- Lembaga Penelitian Tanah. 1980. Penilaian Angka Hasil Analisis Kimia Tanah. Bagian Kesuburan Tanah. LPT: Bogor.
- Martius, C., Hubert. H., Marcos VV.B. Garcia, Jorg Rombke, Bernhard Forster dan Werner Hanagarth. 2004. Microclimate in agroforestry systems in central Amazonia: does canopy closure matter to soil organisms?. Center for Devlopment Research (*ZEF Bonn*): Germany.
- Mawardiana., Sufardi., E. Husen. 2013. Pengaruh Residu Biochar dan Pemupukan NPK Terhadap Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Serta Hasil Tanaman Padi Musim Tanam Ketiga. Jurnal Konservasi Sumberdaya Lahan. Universitas Syiah Kuala: Banda Aceh. Hal 16-23.

- Monde, A., N. Sinukaban, K. Murti Laksono dan N. Pandjaitan. 2008. Dinamika karbon (C) akibat alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian. *J. Agroland*. 15(1): 22 – 26.
- Nawir, Ani Adiwinata., Murniati dan Lukas Rumboko. 2008. Rehabilitasi Hutan Indonesia. CIFOR: Bogor.
- Nieveen, J.P., D.I. Campbell, L.A. Schipper, dan I.J. Blair. 2005. Carbon Exchange of Grazed Pasture on A Drained Peat Soil: *Global Change Biology*. 11: 607-618.
- Noor'an, Rahmahyuni Fatmi., I Nengah Surati Jaya., dan Nining Puspaningsih. 2015. Pendugaan Perubahan Stok Karbon Di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Nuraini, Yulia., Novi Arfarita dan Bambang Siswanto. 2015. Isolation And Characteristic Of Nitrogen-Fixing Bacteria And Phosphate-Solubilizing Bacteria From Soil High In Mercury In Tailings And Compost Areas Of Artisanal Gold Mine. *AGRIVITA* Vol. 37 No.1. 0126-0537.
- Oksana, M. Irvan., dan M. U. Huda. 2012. Pengaruh Alih Fungsi Lahan Hutan menjadi Perkebunan Kelapa Sawit terhadap Sifat Kimia Tanah. *Jurnal Agroteknologi* Vol. 3 (1): 29–34.
- Pleazar. 2006. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: UI Press.
- Raharjo, S. Agung Sri., Hery Kurniawan, Aziz Umroni, Eko Pujiono dan Mellianus Wanaha. 2016. Potensi Mahoni (*Swietenia macrophylla* King) Pada Hutan Rakyat Sistem Kaliwo di Malimada, Sumba Barat Daya. *J. Ilmu Lingkungan*. Balai Penelitian Kehutanan Kupang Vol. 14 (1): 1-10.
- Ristiati, Ni Putu. 2015. Isolasi, Identifikasi, Bakteri Penambat Nitrogen Non Simbiosis Dari Dalam Tanah. *J. Seminar Nasional FMIPA UNDIKSHA Tahun V*: Singaraja.
- Ruhnayat, A. 2007. Pemanfaatan pupuk bio dan pupuk alam untuk mendukung budidaya organik pada tanaman lada dan panili. *Perkembangan Teknologi Tanaman Rempah dan Obat* 19 (1): 64-76.
- Ruijter, J dan Agus, F. 2004. Apa yang dimaksud dengan Bera?. *World Agroforestry Center*.
- Salisbury FB dan Ross CW. 1995. *Fisiologi Tumbuhan* Jilid 2. ITB: Bandung.
- Salma Selly, Suwanto A, Tjahjoleksono A, dan Meryandini A. 2005. Keanekaragaman Bakteri Filosfer dari Beberapa Tanaman Asal Kalimantan Timur. *Forum Pascasarjana*. 28(1):1-10.
- Saraswati, R., T. Prihatini, dan R.D dan Hastuti. 2004. Teknologi pupuk mikroba untuk meningkatkan efisiensi pemupukan dan keberlanjutan sistem produksi padi sawah. p.169 Dalam: Fahmuddin Adusetal. (Eds.) *Tanah sawah dan teknologi pengelolaannya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat: Bogor.

- Sari, Niken Puspita., Teguh Imam Santoso., dan Surip Mawardi. 2013. Sebaran Tingkat Kesuburan Tanah pada Perkebunan Rakyat Kopi Arabika di Dataran Tinggi Ijen-Raung Menurut Ketinggian Tempat dan Tanaman Penaung. *Pelita Perkebunan* 29(2) 93-107.
- Schaad NW., Jones JB, Chun W. 2001. *Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria*. 3rd ed. The American Phytopathology Society Press, St.Paul, MN: USA.
- Sembiring, Sastra. 2000. Perubahan Sifat-sifat Tanah Pada Tapak *Pinus merkusii* dan Hutan Alam Setelah Delapan Tahun Dikonversi Menjadi Tanaman *Eucalyptus urophylla* di Aek Nauli. Prosiding Seminar Hasil-hasil Penelitian. Parapat: Balai Penelitian Kehutanan Pematang Siantar.
- Simanungkalit, R.D.M. 2001. Aplikasi Pupuk Hayati dan Pupuk Kimia : Suatu Pendekatan Terpadu. Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman Pangan: Bogor. *Buletin AgroBio* 4(2):56-61.
- Simanungkalit, R.D.M., R. Saraswati, R.D. Hastuti, E. Husen. 2006. Bakteri Penambat Nitrogen, Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Penelitian Tanah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian: Bogor.
- Situmeang, Ilona V. Oisina,. 2014. Beragam Isu Menyangkut Kebijakan Komunikasi Pembangunan Pertanian dan Pedesaan. Pascasarjana Fakultas Komunikasi UPI-YAI: Jakarta.
- Soesanto, L., E. Mugiastuti, dan R.F. Rahayuniati. 2011. Inventarisasi dan Identifikasi Patogentular tanah pada Pertanaman Kentang di Kabupaten Purbalingga. *J. Hortikultura* 21(3): 254-264.
- Suwarno, Wiji. 2006. *Dasar - Dasar Ilmu Pendidikan*. AR - Ruzz Media Jogjakarta : Jogjakarta.
- Tenuta, Mario. 2006. Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Prospect for increasing nutrient acquisition and disease control. <http://www.umanitoba.ca/afs/agronomists.conf/2003/pdf/tenuta.rhizobacteria.pdf>. (Accessed 21 Desember 2017).
- Vymazal, J. 2008. Removal of Organic in Constructed Wetlands With Horizontal Sub-Surface Flow : A review of The Field Experience. Institute of System Biology and Ecology: Czech Republic.
- Wahyudi TA, Meliah S Nawangsih AA. 2011. *Xanthomonas oryzae* pv. Bakteri Penyebab Penyakit Hawar Daun pada Padi: Isolasi, Karakteristik, dan Telaah Mutagenesis dengan Transposon. *Makara Sains* 15(1): 89-9
- Wanggai, Frans. 2009. *Manajemen Hutan*. Grasindo: Jakarta. P. 25.
- Wedhastri, Sri. 2002. Isolasi dan Seleksi *Azotobacter* sp. Penghasil Faktor Tumbuh dan Penambat Nitrogen dari Tanah Masam. *J. Ilmu Tanah dan lingkungan* 3:45-51.

- Widiyawati, Ida, Sugiyanta, Ahmad Junaedi, dan Rahayu Wiyastuti. 2014. Peran Bakteri Penambat Nitrogen untuk Mengurangi Dosis Pupuk Nitrogen Anorganik pada Padi Sawah. *J. Agronomi Indonesia* 42(2) 96-102.
- Widyawati, Enny. 2013. Memahami Interaksi Tanaman-Mikroba. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peningkatan Produktivitas Hutan: Bogor 6(1) : 13-20.
- Widianto, H. Kurniatun, S. Didik, A. S. Mustofa. 2003. Fungsi dan Peran Agroforestri. World Agroforestry Centre (ICRAF). Southeast Asia Regional Office: Bogor.

